



ASUINKERROSTALON PERUSPA- RANNUKSEN ENERGIA TEHOK- KUUSTARKASTELU

Lauri Parkkinen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakentamisen koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Lauri Parkkinen

Asuinkerrostalon perusparannuksen energiatehokkuustarkastelu

Opinnäytetyö 55 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Joulukuu 2014

Tässä työssä on tutkittu VVO:n toimeksiannosta kahden asuinkerrostalon peruskorjaustoimenpiteillä saavutettavaa energian säästöä sekä toimenpiteiden taloudellista kannattavuutta. Tarkastelussa on otettu huomioon 1.9.2013 voimaan tullut Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.

Korjaustoimenpiteillä saavutettavat energiansäästöt on laskettu dynaamisella IDA ICE energialaskentaohjelmalla toimenpidekohtaisesti. Kustannus- ja investointilaskelmat on laskettu VVO:n käytössä olevalla Datapartner Oy:n Invest for Excel - investointilaskentaohjelmalla. Energia- ja investointilaskennan avulla on selvitetty kohteiden mahdollisuudet täyttää uudet energiasäästövaatimukset peruskorjaushankkeessa mahdollisimman taloudellisesti.

Laskennassa mukana olevat kiinteistöt sijaitsevat Jyväskylässä ja Tampereella. Jyväskylän kohde on tyypillinen 1970 -luvun kolmikerroksinen ja kaksirappuinen sandwich -betonielementtitalo. VVO:n kiinteistökannasta noin puolet on vastaavanlaisia 1960 ja 1970 luvulla rakennettuja taloja. Tampereella kohteena oli vuonna 1958 paikalla rakennettu pilari-palkkirunkoinen 2+7 -kerroksinen asuinrakennus.

Kohteista luotiin tarkat 3 D mallit IDA ICE laskentatyökalulla energialaskennan suorittamista varten. Tarkastelut suoritettiin eri toimenpiteille erikseen sekä kaikki toimenpiteet yhdessä, jolloin eri toimenpiteiden keskinäiset vaikutukset tuli huomioitua. Investointilaskentaa varten selvitettiin eri korjaustoimenpiteiden kustannukset toimenpiteittäin kohteiden toteutuneista kokonaiskustannuksista. Työn yhteydessä tavoitteena oli kehittää toimintamalli, jonka avulla voidaan suorittaa suurempien peruskorjausten energiatarkastelut, huomioiden energiamääräysten antamat eri vaihtoehdot esitystavoille.

VVO:lla investoinneille on asetettu 4 % tuottovaatimus ja tarkastelujaksona käytetään 30 vuotta. Kolikkotie 2:ssa tuottotavoite saavutettiin seinien lisäeristyksen osalta. Hallituskatu 7:ssä vaadittuun tuottotavoitteeseen päästiin liiketilojen ikkunoiden uusimisen sekä parvekelasien asennuksen osalta. Hankkeissa toteutettujen ja energialaskennassa mukana olleiden eri korjaustoimenpiteiden yhteenlaskettu tuottovaatimus jäi alle tavoitteen molemmissa kohteissa.

Investointilaskelmien avulla voidaan tarkastella eri energiataloudellisten korjaustoimenpiteiden valintojen taloudellista vertailua, jotta käytettävät varat saadaan mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Eri laskelmien käytettävyys riippuu paljon siitä, kuinka lueteltavasti lähtötiedot laskentaa varten pystytään selvittämään. Kun lähtötiedot ovat luotettavia, ovat näillä sovelluksilla lasketut energia- ja kustannuslaskelmat varsin käyt-

tökelpoisia työvälineitä korjaustoimenpiteiden energiataloudellisiin tarkasteluihin ja päätöksentekoon.

Peruskorjaushankkeissa, joissa tehdään useampia eri toimenpiteitä, on taloudellisesti kannattavaa suorittaa korjaustoimenpiteiden energiansäästötarkastelu rakennuksen kokonaistarkasteluna, eikä ainoastaan rakenneosan tarkasteluna. Näin käytettävät varat saadaan kohdennettua energiasäästön kannalta tehokkaasti. Työn tarkoituksena on selvittää ja ohjata korjaustoiminnan energiataloudellisten valintojen kannattavuuden arviointia.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Master of Construction Engineering

Lauri Parkkinen

A Residential Apartment Building on the Improvement of Energy-efficiency

The thesis 54 pages, appendices 2 pages
December 2014

This study was commissioned by VVO and aims to examine the conservation of energy in renovation procedures and their economical benefit on two of VVO's apartment buildings. The study takes into account legislation which came into force on 1 September 2013 concerning the energy efficiency of buildings in renovation and modification work.

In renovation projects consisting of several different procedures, it is economically more beneficial to review procedure-related energy conservation in the building overall rather than inspecting only a structural component. In this way, funds can be targeted efficiently with regard to energy conservation.

Energy savings achieved through renovation procedures were calculated separately by procedure using the dynamic IDA ICE energy calculation software. Cost and investment calculations were calculated using Datapartner Oy's Invest for Excel investment calculation software.

The properties concerned are located in Jyväskylä and Tampere. The Jyväskylä site is a typical three-floor sandwich prefabricated building with two stairwells. Around half of VVO's property stock are similar buildings constructed during the 1960s and 1970s. The site in Tampere is a 2+7 floor pillar and beam frame building built in-situ.

The IDA ICE calculation tool was used to make accurate 3D models for energy calculations. Calculations were carried out separately for all procedures and then again for all procedures together in order to find out how the procedures affected one another. For investment calculations, the costs of various renovation procedures were established by procedure from the realised, overall costs of the sites.

In Kolikkotie 2, the ROI target was met through wall insulation. In Hallituskatu 7 the required ROI was met by renovating windows and installing balcony glazing. The total ROI requirement of all renovation procedures realised in the project and involved in energy calculations remained below the target in both sites.

Investment calculations make it possible to economically compare various energy conservation renovation procedures in order for funds to be put to the most efficient use possible. The usability of various calculations is largely dependent on how reliable the output data is. If the output data is reliable, these energy and cost calculations made using applications are rather useful tools for inspections and decision-making when it comes to energy conservation in renovation procedures.

Key words: renovation, energy correction, calculation of cost

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tutkintotyön tausta	7
1.2	Tavoitteet	8
1.3	Suoritus	9
2	VVO:N KORJAUSTOIMINTA JA KIINTEISTÖKANTA	11
2.1	VVO:n kiinteistökanta	11
2.2	Korjaustoiminta	11
2.3	Julkisivurakenteiden ominaispiirteitä	12
2.4	Energian käyttö	13
2.5	Julkisivujen korjaustarve	14
2.6	Energiamääräysten soveltaminen.....	16
3	YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS	17
3.1	Energiatohokkuuden parantamisen suunnittelu 2 § ja laskentaperusteet 3 §	18
3.2	Rakennusosakohtaiset vaatimukset 4 §	18
3.3	Teknisten järjestelmien vaatimukset 5 §	19
3.4	Energiatohokkuus vaatimuksen rakennusluokittain 6 §	19
3.5	E-luku-vaatimus rakennusluokittain 7 §	20
3.6	Vaihtoehtoiset tavat energiatohokkuuden parantamiseksi 8 §	21
3.7	Energiatohokkuuden parantaminen usean korjauksen yhteisvaikutuksena 9 §	21
4	INVESTOINTI- JA ENERGIAN SÄÄSTÖLASKENTA	22
4.1	Laskennan lähtötiedot	22
4.2	Investointilaskenta menetelmät	23
4.3	Nettonykyarvo	23
4.4	Sisäinen korko.....	24
4.5	Takaisinmaksuaika.....	25
4.6	Herkkyysanalyysit	25
4.7	Jälkiseuranta.....	25
4.8	Energialaskentasovellus	26
5	ESIMERKKIKOhteiden KORJAUKSET JA NIIDEN KANNATTAVUUSLASKELMAT.....	28
5.1	Kolikkotie 2, lähtötiedot ja suoritettavat toimenpiteet	29
5.2	Energian säästöt eri tapauksissa.....	32
5.3	Energiatarkastelu E-luku.....	33
5.4	Kustannus- ja investointilaskelmat	34
5.5	Hallituskatu 7, lähtötiedot ja suoritettavat toimenpiteet	39

5.6	Energian säästöt eri laskentatapauksissa.....	43
5.7	Energiatarkastelu E-luku.....	46
5.8	Kustannuslaskelmat ja investointilaskelmat	47
6	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	51
6.1	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	51
	LÄHTEET.....	55
	LIITTEET	56
	Liite 1. Ohje IDA ICE energiasimulointimallin tekemiseen	56

1 JOHDANTO

1.1 Tutkintotyön tausta

Uudet energiatehokkuusmääräykset koskevat 1.9.2013 alkaen myös korjausrakentamista. Energiatehokkuudelle on annettu vähimmäisvaatimukset, joita tulee noudattaa rakennus- tai toimenpidelupaa vaativissa kiinteistön korjaustoissa. Korjaustoimena voivat olla joko laaja peruskorjaus, rakennuksen ulkovaipan korjaus tai teknisten järjestelmien uusiminen, jolloin tarvitaan viranomaislupa. Korjausrakentamisen on määräysten mukaan täytettävä rakennukselle annettujen peruskorjattavien, uudistettavien ja kokonaan uusien rakennusosien sekä teknisten järjestelmien osalta asetetut energiatehokkuusvaatimukset ellei erillisellä selvityksellä voida osoittaa, että toimenpide ei ole taloudellisesti, toiminnallisesti tai teknisesti järkevä ja kannattava. Ympäristöministeriön korjausrakentamisen energiatehokkuutta koskevan asetuksen mukaan on rakennushankkeeseen ryhtyvän tehtävä rakennusvalvontaan erillinen selvitys, mikäli haluaa joustoa teknisten, toiminnallisten ja taloudellisten seikkojen vuoksi.

Investointiluonteisiin korjauksiin käytetään VVO:lla vuosittain n. 40 miljoonaa euroa. Vuosittain korjausesityksiä tulee huomattavasti enemmän eli tarve ylittää käytettävissä olevat resurssit. Siksi onkin tärkeää toteuttaa käytettävissä olevilla resursseilla oikeita korjaustoimenpiteitä oikeaan aikaan myös korjausten tuomien energian säästöjen näkökulmasta katsottuna. Energiakorjauksilla saavutettavat säästöt on käytettävissä tulevaisuudessa toteutettaviin korjauksiin. Rakennusten peruskorjaustoimenpiteet ovat harvoin perusteltuja pelkästään energiasäästösyistä, vaan korjaustarpeen määrää pääasiassa rakennuksen tai sen osan tekninen kunto, jatkossa on myös huomioitava energiansäästömahdollisuudet jo korjauksen suunnitteluvaiheessa.

Taulukko 1, VVO:n avaintietoja (VVO:n vuosikertomus)

Avainluvut 2008 - 2012

VVO-konserni	2012	2011	2010	2009	2008
Liikevaihto, M€	335,4	327,3	328,6	342,9	327,2
Liikevoitto, M€	120,4	105,7	100,6	98,2	91,5
% liikevaihdosta	35,9	32,3	30,6	28,6	28,0
Tulos ennen tilinpäätössiirtoja ja veroja, M€	70,3	55,8	57,5	41,0	32,8
% liikevaihdosta	21,0	17,1	17,5	11,9	10,0
Taseen loppusumma, M€	2 283,9	2 252,2	2 184,2	2 170,6	2 149,6
Oman pääoman tuotto-% (ROE)	11,8	11,2	11,3	9,2	8,0
Sijoitetun pääoman tuotto-% (ROI)	5,9	5,2	5,1	5,1	5,0
Omavaraisuusaste, %	20,0	18,5	17,7	15,3	14,5
Omavaraisuusaste (%) käyvin arvoin	38,9				
Asunnot ja liiketilat käyvin arvoin, M€	3 120,0				
Tulos/osake, € ¹⁾	6,98	6,07	5,49	4,30	3,34
Osinko/osake, € ²⁾	2,00	1,60	1,50	1,20	0,60
Osinko/tulos, %	28,6	26,4	27,3	27,9	18,0
Asuntokanta ³⁾	39 946	39 741	38 747	38 519	38 241
Keskivuokra ⁴⁾	11,89	11,26	10,79	10,44	9,85
Henkilöstö ³⁾	335	338	339	332	377

¹⁾ Osakekohtaiset tunnusluvut on laskettu kunkin vuoden osakkeiden lukumäärän mukaan
²⁾ Hallitus esittää, että osinkoa jaetaan 2,00 €/osake
³⁾ Vuodenvaihteen tilanne
⁴⁾ Koko vuoden keskiarvovuokra

VVO on Suomen suurin vuokra-asuntoja tarjoava yksityinen yritys. VVO omistaa n. 40 000 vuokra-asuntoa 45 paikkakunnalla eri puolella Suomea. Asuntokanta jakautuu valtion tukemiin ja vapaarahoitteisiin asuntoihin. VVO on perustettu vuonna 1969, jolloin se toimi osuuskuntamuotoisena. Lyhenne VVO tulee tuolta ajalta nimestä Valta-kunnallinen vuokratalo-osuuskunta. Tänä päivänä VVO:n on julkinen osakeyhtiö. Yhtiön omistajina on ammattiliittoja, eläkevakuutusyhtiöitä, säätiöitä, rahastoja ja kaupunkia. VVO rakennuttaa, markkinoi ja isännöi asuntojaan omalla henkilökunnalla. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä, suurimmissa kasvukeskuksissa sijaitsevat 13 aluetoimistoa, joita kutsutaan VVO-kotikeskuksiksi.

1.2 Tavoitteet

Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on otettava huomioon olemassa olevien rakennuksen suurempia korjaustöitä suunniteltaessa. Suunniteluvaiheessa on huomioitava eri korjaustoimenpiteet myös energiasäästön näkökulmasta katsottuna. Energiatehokkuusmääräykset antavat minimivaatimukset energiatehokkuuden parantamiselle peruskorjaustoimenpiteiden yhteydessä. Määräykset antavat myös mahdollisuuden esittää kolmella eri tavalla vaaditut energiasäästöt korjaushankkeissa. Rakennusosakohtaisista vaatimuksista voidaan tinkiä, jos hanke kokonaisuutena alittaa vaaditut tavoitteet tai jos laskelmin voidaan osoittaa, että toimenpide ei ole taloudellisesti, toiminnallisesti tai teknisesti järkevä ja kannattava. Tämän työn tavoitteena on

tarkastella kahden kiinteistön peruskorjauksessa tehtyjen eri korjaustoimenpiteiden tuomaa energiasäästöä, sekä korjaustoimenpiteiden energiataloudellista kannattavuutta. Korjaustoimenpiteiden energiasäästöjen selvittyä, arvioidaan toimenpiteiden taloudellinen kannattavuus investointilaskelmilla. Samalla testataan VVO:lla käytössä olevan Invest for Excel –ohjelman käytettävyyttä tämän tyyppisten laskelmien tekemiseen. Kolikkotie 2 valittiin kohteeksi siitä syystä, että se edustaa tyypillistä 1970 -luvun rakennuskantaa, jota VVO:lla on lähes puolet kiinteistökannasta. Hallituskatu 7 valittiin kohteeksi hieman erilaisten korjaustoimenpiteiden vuoksi, jotta saatiin monipuolisemmin eri korjaustoimenpiteitä mukaan laskentaan. Tavoitteena on myös tarkastella ympäristöministeriön asetuksessa annettujen kolmen eri laskentaperiaatteen soveltuvuus näiden kahden kiinteistön peruskorjauksen energiaselvityksen teossa.

1.3 Suoritus

Tämä työ rajoittuu kahden kiinteistön peruskorjauksessa toteutettujen korjaustoimenpiteiden energian säästöjen sekä niiden taloudellisen kannattavuuden tarkasteluun. Työt aloitettiin keväällä 2012 lähtötietojen hankinnalla. Kolikkotien kohteen lähtötiedot löytyivät helposti piirustuksista sekä muista teknisistä selvityksistä ja ne myös pitivät melko tarkkaan paikkaansa todellisuuden kanssa. Hallituskatu 7:n osalta lähtötietojen kirjoitus oli tuntuvasti hankalampaa. Piirustukset olivat puutteellisia, kohteesta ei löytynyt korjaushistoriatietoja eikä muitakaan teknisiä toimenpiteitä ollut dokumentoitu. Selvityksiä tehtiin lisäksi urakoitsijoita, rakennuttajia ja suunnittelijoita haastatteleamalla. Lähtötietojen pohjalta luotiin kohteista 3 D –mallit ja tehdyn mallin avulla simuloitiin eri korjaustoimenpiteiden vaikutukset energiakulutukseen. Energialaskenta ja kohteen mallinnus suoritettiin käyttäen dynaamista laskentatyökalua IDA Indoor Climate and Energy.

Kustannuslaskentaa varten selvitettiin eri korjaustoimenpiteiden kustannukset mahdollisimman tarkasti. Kustannukset eroteltiin kokonaisurakasta toimenpiteittäin, jotta eri korjaustoimenpiteiden kannattavuuden vertailu on mahdollista. Korjausinvestointien kannattavuuslaskelmat suoritettiin VVO:n käytössä olevalla Excel-pohjaisella Datapartners Oy:n Invest for Excel -laskentaohjelmalla. Ohjelman toimittaja teki ohjelmaan pieniä laskentaan yksinkertaistavia ja nopeuttavia parannuksia, jotta se soveltuu joustavammin tämän tyyppisten kannattavuuslaskelmien tekemiseen.

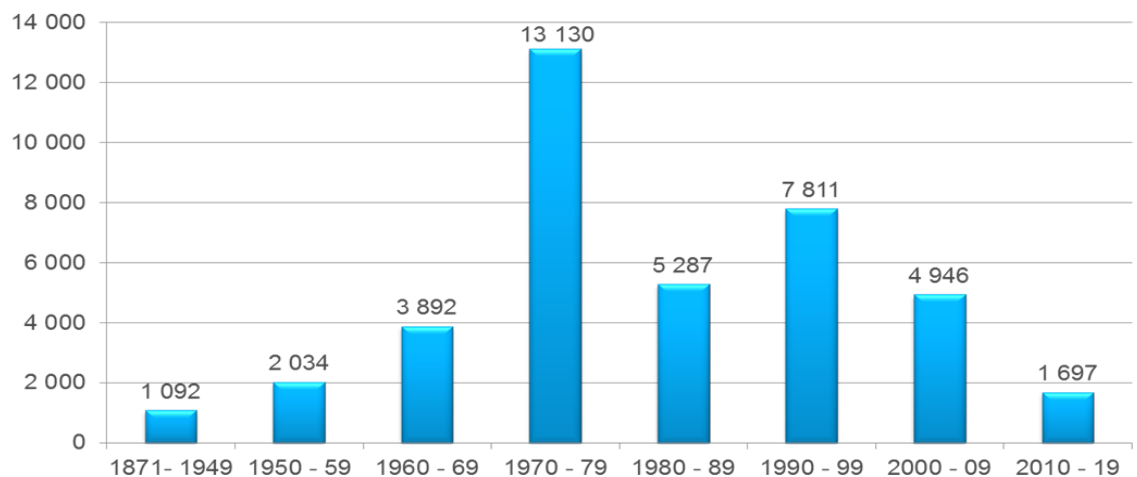
Tässä työssä energiakorjauksella tarkoitetaan, eri rakenneosien parantamista siten, että rakennuksen energiakulutus pienenee. Korjaushankkeen taustalla on yleensä jokin muu syy suorittaa korjaustoimenpiteitä, kuin pelkkä energiansäästö. Yleensä pelkän energiasäästön vuoksi toteutetut korjaushankkeet eivät ole kannattavia. Varsinkin, jos taloudellinen tarkastelu tehdään korjaustoimenpiteen kokonaiskustannuksilla.

Energiansäästöön liittyvissä kannattavuuden arvioinneissa tulee energiasäästön kustannuksiksi ottaa vain ne kustannukset, jotka aiheutuvat pakollisen korjaustoimenpiteen ns. perusratkaisun saattamisesta energiataloudellisesti tehokkaammaksi verrattuna heikompaan tai lähtötasoon. Seinänlisäeristämisen osalta laskelmat tehtiin kokonaiskustannuksilla sekä energiansäästöä parantavien tekijöiden aiheuttamilla lisäkustannuksilla. Muiden toimenpiteiden laskennat on suoritettu toimenpiteen kokonaiskustannuksilla verrattuna lähtötilanteeseen.

2 VVO:N KORJAUSTOIMINTA JA KIINTEISTÖKANTA

2.1 VVO:n kiinteistökanta

Kiinteistöjä VVO:lla on kaikkiaan n. 900, kiinteistöt sijaitsevat 45 paikkakunnalla eri puolella Suomea. Asuntoja kaikkiaan on hieman yli 40000. Kuten kuviosta 1 voidaan nähdä, VVO:n kiinteistökannasta noin puolet on valmistunut ennen vuotta 1980 ja ennen vuotta 1990 on valmistunut n. 60 % asunnoista. Ennen vuotta 1980 rakennetut kiinteistöt sijaitsevat lähinnä kaupunkien taajamissa lähiöalueilla, joista suurin osa rakennettiin 1970 -luvulla työperäisen maaltamuuton aikana.



KUVIO 1. VVO:n asuntokanta (Laakso 2013, luentomateriaali)

2.2 Korjaustoiminta

VVO:lla korjaustoimet jaetaan investointi-, ylläpito-, huoltokorjauksiin.

Investointikorjauksia ovat koko rakennuksen peruskorjaus, rakennuksen osan tai osien uusiminen tai peruskorjaus sekä mahdolliset lisärakentamiset. Korjaukset budjetoidaan ja esitetään investoinneista päättävälle korjausryhmälle juoksevasti. VVO:n johtoryhmä vahvistaa vuosittaisen budjettiraamin, jonka puitteissa korjausryhmä tekee kohdekohtaiset päätökset toteutuksesta. Ylläpitokorjaukset ovat rakennuksen kunnossa pysymisen, vuokrattavuuden ja turvallisuuden kannalta tarpeellisia korjauksia ja ne ovat ennalta suunniteltuja. Korjaukset ovat lähinnä laitteiden, teknisten järjestelmien, seinäpintojen, porrashuoneiden sekä saunaosastojen kunnossapitoa ja uusimista. Korjaukset budjetoidaan vuosittain kiinteistön muun budjetoinnin yhteydessä.

Huoltokorjauksia ovat lähinnä asuntojen sisäpuoliset muutto- ja laitekorjaukset. Myös rakennuksen huoltokorjaukset, rikkimenneet laitteet, kalusteet yms. budjetoidaan huoltokorjauksiin. Huoltokorjaukset eroavat ylläpitokorjauksista myös siinä, että ne eivät ole ennalta suunniteltuja. Huoltokorjausten budjetti laaditaan muun kiinteistöbudjetoinnin yhteydessä vuosittain syksyllä. Korjauksiin käytettävä n. 80 milj. vuosibudjetti jakautuu siten, että investointikorjauksiin käytetään n. 40 milj. ja toiset 40 milj. jakautuvat ylläpito- ja huoltokorjauksiin. Niin uudis- kuin korjausrakennuttaminen hoidetaan omalla henkilökunnalla. Uudistuotannon rakennuttaminen on keskitetty Helsinkiin. Korjausrakennuttaminen hoidetaan pääkaupunkia lukuun ottamatta VVO -kotikeskuksissa.

2.3 Julkisivurakenteiden ominaispiirteitä

1960 -luvulta lähtien betonin käyttö julkisivurakenteissa yleistyi voimakkaasti ja betonisandwich-elementti rakennetyyppinä otettiin käyttöön. 1960 ja 1970 -luvuilla rakennettiin asuinkerrostaloja paljon nopealla aikataululla, koska asuntojen kysyntä varsinkin suuremmissa kaupungeissa oli kova. Tuon ajan betonisandwich -elementeistä rakennetut talot suunniteltiin kestäväksi n. 30 – 40, joten talot ovat julkisivujen osalta peruskorjauksen tarpeessa, osa jo suunnitellun käyttöikänsä ylittäneitä. Tosin käyttöiän arviot perustuivat lähinnä tunneperäiseen arvioon, tuohon aikaan ei vielä ollut kiinteistöjen elinkaaren arviointiin työkaluja, eikä teräsbetonin kestävyydestä ulkoilmassa ollut kokemusta. Elementtien ulkopinta on tyypillisesti ollut harjattu pinta, joka on pinnoitettu orgaanisella maalilla. Pesubetonipinnat yleistyivät etenkin 1970 luvun loppupuolella. Betonisandwich-elementtien lämmöneristeen paksuus 1960 ja 1970 -lukujen taloissa oli 70 – 120 mm mineraalivillaa. Vuonna 1985 ulkoseinän U-arvovaatimus nostettiin 0,28 W/m²K, mikä tarkoittaa noin 140 mm mineraalivillaa. Nykyinen vaatimus on 0,17 W/m²K, saavutetaan noin 250 mm mineraalivillalla. Elementtien ulkokuoren suunnittelupaksuus oli 50 mm aina vuoteen 1977, jolloin niiden suunnittelupaksuudeksi asetettiin 70 mm. Sisäkuoren paksuudet, ovat olleet kantavalla seinällä n.150 mm ja ei- kantavalla n. 70 mm. Ennen 1960 -lukua talojen julkisivut olivat pääosin paikalla muurattuja tiili-muureja. Julkisivut jätettiin tiilipintaiseksi tai olivat tiilin päälle eri tavoin rapattuja. Ennen vuotta 1980 rakennetut rakennukset ovat energiatehokkuudeltaan varsin heikkoja ulkovaipan osalta, verrattuna tämän päivän vaatimuksiin, kuten taulukosta 2 voidaan nähdä. (Lähde: Betonirakenteiden korjausohjeet, Suomen betoniyhdistys 1996. Betoni-julkisivun kuntotutkimus, Suomen betoniyhdistys 2002)

TAULUKKO 2. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet W/m²K (Lähde: Ympäristöministeriön asetus)

Rakennusosa	Rakennusluvun vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
Lämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Puolilämpimät tilat									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,70	0,60	0,45	0,40	0,38	0,26	0,26
Maanvarainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,36	0,34	0,24	0,24
Ryömintätilainen alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,30	0,28	0,26	0,26
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Yläpohja	0,60	0,60	0,60	0,60	0,45	0,30	0,28	0,14	0,14
Ovi	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0	1,8	1,8	1,4	1,4
Ikkuna	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	1,8	1,8	1,4	1,4

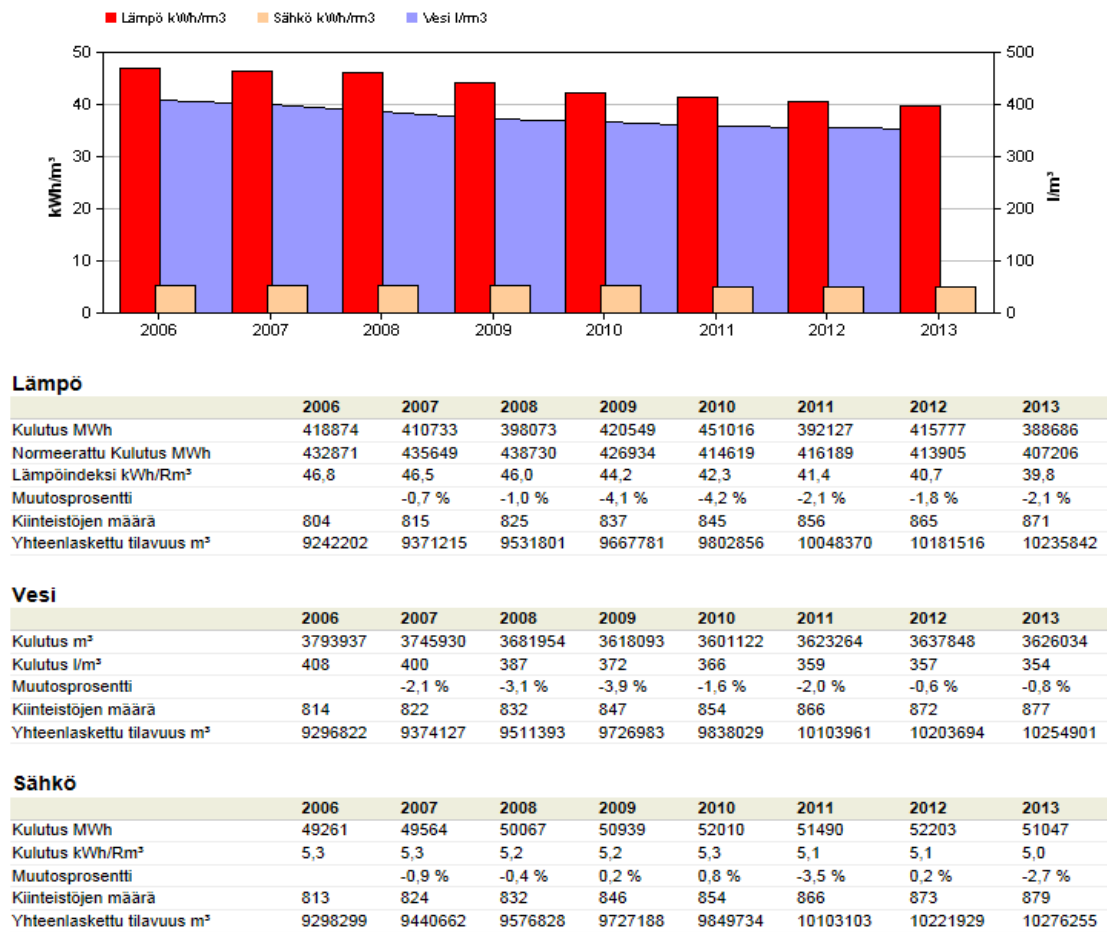
2.4 Energian käyttö

VVO on ollut mukana energiasäästösopimuksissa vuodesta 2004 lähtien. Vuonna 2009 VVO liittyi Kiinteistöalan Energiatehokkuussopimuksen alaiseen Vuokra-asuntoyhteisöjen toimenpideohjelmaan (VAETS). Tämä sopimus koskee ennen vuotta 2010 rakennettuja taloja. VVO on sitoutunut pudottamaan energian kulutustaan seitsemän prosenttia vuoteen 2016 mennessä vuoden 2009 tasoon verrattuna. VVO:lla energiankulutusseuranta tapahtuu yhteistyössä Suomen Talokeskuksen kanssa. Raportointi on nopeaa ja kulutuspoikkeamat näkyvät viipymättä tuntiseurannan avulla. Taulukosta 3 voidaan nähdä koko kiinteistökannan energian ja veden kulutustiedot vuositasona. Kulutuslukummat ovat laskeneet lähes vuosittain. Poikkeuksena sähkö, jossa kulutus on vaihdellut eri vuosina. Lämmön osalta säästö on ollut vuoden 2009 – 2013 välisenä aikana n. 9 %, vastaavasti sähkön kulutus on alentunut 3,8 % ja veden 5 %.

VVO:lla on kiinnitetty huomiota teknisten laitteiden ja säätimien kuntoon sekä toimintaan. Oma henkilökunta suorittaa säännöllisin väliajoin laitteiden tekniset tarkastukset ja kiinteistön kulutustietoja seurataan järjestelmällisesti. Vesikalusteet huolletaan sään-

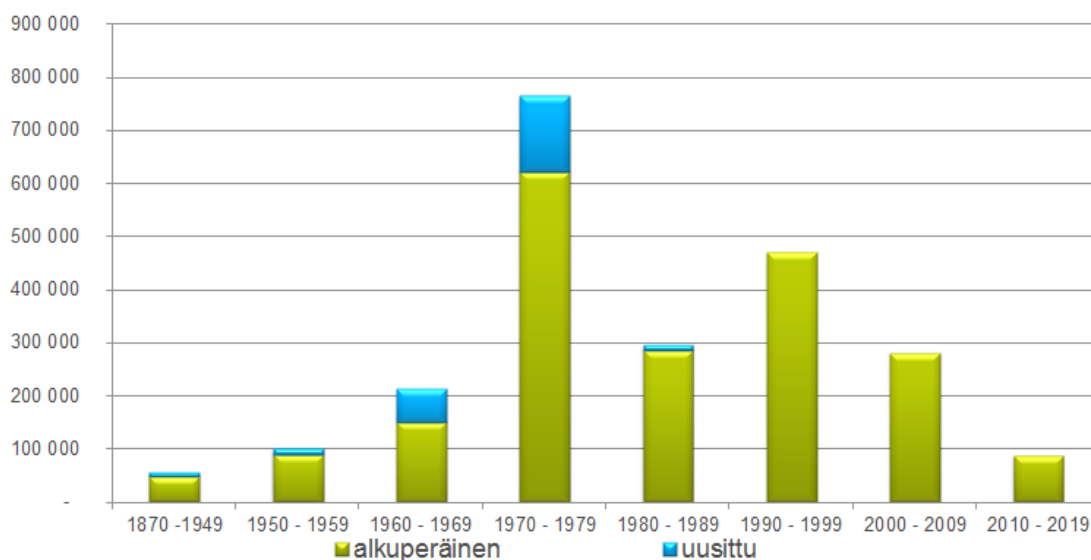
nöllisesti ja vedensäästöön on hankittu vedensäästökaluksia. Asukkaille on pidetty tiedotustilaisuuksia järkevästä ja tehokkaasta veden sekä energian käytöstä.

TAULUKKO 3. VVO:n energian käyttö 2006 - 2013



2.5 Julkisivujen korjaustarve

Taulukkoon 4 on koottu VVO:n rakennusten julkisivujen sekä ikkunoiden ja ovien korjaustilanne pinta-aloina. Seinäpinta-alat on arvioitu suoraan rakennuksen asuinpinta-alan mukaan ja ikkunoiden ja ovien pinta-alat on arvioitu 2h+k asunnon keskiarvon mukaan. VVO:lla suoritettujen pinta-alavertailujen mukaan VVO:n rakennuksien asuinpinta-alojen on todettu vastaavan karkeasti rakennuksen seinäpinta-alaa. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat on arvioitu 5 m² / asunto ennen vuotta 1960 rakennetuissa kohteissa ja 7 m² / asunto 1960 jälkeen rakennetuissa kohteissa. Ennen vuotta 1979 rakennettujen kiinteistöjen julkisivuista on n. 20 % peruskorjattu ja vastaavasti ennen vuotta 1979 rakennettujen kiinteistöjen ikkunoista ja ovista on uusittu n. 60 %.



KUVIO 2. VVO:n kiinteistöjen julkisivujen korjausaste m². (M. Laakso 2013, luentomateriaali)

Taulukossa 4 on arvioitu myös korjauksilla saavutettavissa olevaa energiansäästöpotentiaalia. Mikäli ennen vuotta 1979 rakennettujen talojen kaikkien korjaamattomien julkisivuseinien U-arvot puolitettaisiin alkuperäisistä arvoista sekä ikkunat ja ovet uusittaisiin nykyvaatimuksen mukaisiksi, olisi mahdollista saavuttaa n.10 % lämpöenergian säästö vuodessa.

Ennen vuotta 1980 rakennetun kiinteistönkannan julkisivut ovat lähes poikkeuksetta peruskorjauksen tarpeessa. Jotta betonin pakkarapautuminen ja terästen korroosion eteneminen saadaan pysähtymään tai hidastumaan riittävästi, joudutaan seinät korjaamaan peittävin korjausmenetelmin tai uusimalla rakenneosat kokonaan. Tällöin tulee myös tarkastella seinien lisäeristämisen tarve ja eristeen määrä energiasäästön näkökulmasta. Yleisesti 50 mm lisäeristemäärää pidetään riittävänä suojaamaan betoniseiniä ulkoisilta sääolosuhteilta. Tästä ylimenevä eristemäärän lisäys on perusteltua, mikäli se on energiansäästön kannalta kannattavaa.

Yleisesti ottaen julkisivurakenteiden sään kestävyys ei ole kiinnitetty suuresti huomioita varsinkaan elementtirakentamisen alkuaikoina. Elementtien ja betonin valmistuksen laadunvalvonta on ollut varsin puutteellista, huomio on kiinnittynyt lähinnä ulkonäkö seikkoihin.

Ikkunat olivat vielä 1970 alkuun asti kaksilasisia ikkunoita, joiden lämmöneristävyys oli varsin heikko verrattuna tämän hetken vaatimukseen. Ikkunoiden peruskorjaaminen on

varsin kallista verrattuna ikkunoiden uusimiseen, joten kaksilasiset ikkunat kannattaa pääsääntöisesti uusia. Samalla voidaan asuntojen korvausilma johtaa karmiventtiilien kautta huoneistoon.

TAULUKKO 4. Korjaustilanne ennen vuotta 1979 rakennetuissa kohteissa ja lämpöenergian säästöpotentiaali, jos korjaukset tehdään energiansäästö määräysten mukaisesti rakenteiden U-arvot puolittaen. Energianhintaan on käytetty 69 €/MWh.

VVO:n kiinteistöt ennen vuotta 1979 rakennettu						
	Kok.määrä m ²	Uusittu m ²	Alkuperäinen m ²	Korj. kustannukset €	Energian säästöpotentiaali MWh	Säästö €
Julkisivut	1 133 337	226 645	906 692	217 606 080	28 693	1 979 817
Ikkunat ja ovet	130 892	76 907	53 985	19 260 000	14 198	979 662
				236 866 080	42 891	2 959 479

2.6 Energiamääräysten soveltaminen

Energiatehokkuusvaatimukset huomioidaan VVO:lla voimaan tulleiden ohjeiden mukaisesti, mikäli rakenneosan tai teknisten laitteiden uusiminen on niiden kunnon vuoksi välttämätöntä. Pelkän energian säästön kannalta korjauksia ei pääsääntöisesti tehdä.

Yksittäisiä rakennusosia tai teknisiä laitteita uusittaessa noudatetaan rakennusosa- ja järjestelmäkohtaisia vaatimuksia. Koko kiinteistöä koskevien peruskorjausten tai perusparannusten suunnittelussa voidaan energiatehokkuus huomioida tapauskohtaisesti kokonaisenergiatehokkuuden tarkasteluna. Eri kunnissa määräysten tulkinnat voivat vaihdella suurestikin, joten VVO:n suunnittelu- ja työselostusohjeita päivitetään sitä mukaan kun tietämys uusien määräysten mukaisista ratkaisuista ja toimintamalleista lisääntyy. (Lähde: VVO:n korjausohje 2013)

3 YMPÄRISTÖMINISTERIÖN ASETUS

Seuraava esitys perustuu Ympäristöministeriön asetukseen, rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä 2013.

Ympäristöministeriön asetuksella energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostyössä, sekä sitä tukevalla suunnitelmallisella kiinteistöpidon edistämällä pyritään pienentämään olemassa olevien rakennusten energian kulutusta noin 25 % ja hiilidioksidipäästöjä 45 % vuoteen 2050 mennessä. Lyhyemmän aikavälin tavoitteena on vähentää olemassa olevien rakennusten energiakulutusta 6 % vuoteen 2020 mennessä. Säästöt syntyvät muun muassa lämpöhäviöiden vähentämisestä, tehokkaammasta lämmön talteenottolaitteista, sähkön tehokkaammasta käytöstä sekä uusiutuvien energialähteiden käytön lisäämisestä. Asetuksella on tarkoitus asettaa vähimmäisvaatimukset rakennuksen energiatehokkuuden parantamiselle lupaa edellyttävissä korjaustöissä. Kiinteistön omistajan on tehtävä valinta asetuksessa mainituista kolmesta eri vaihtoehdosta, joilla määritellään rakennuksen energiatehokkuustaso ja osoitetaan energiatehokkuuden parantuminen.

Asetusta sovelletaan rakennuksiin, joissa käytetään energiaa valaistukseen, tilojen ja ilmanvaihdon lämmitykseen tai jäähdytykseen tarkoituksenmukaisten sisäilmaolosuhdeiden ylläpitämiseksi ja joissa tehdään maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennus- tai toimenpideluvanvaraista korjaus- tai muutostyötä tai joiden käyttötarkoitusta muutetaan. Korjausrakentamiseen ryhtyminen on edelleen vapaaehtoista. Kiinteistön omistajan päätettävissä ovat ne keinot joilla energiatehokkuutta kiinteissä parannetaan, toteutuksen aikataulu sekä korjausten laajuus. Ehjää ja toimivaa ei tarvitse korjata.

Asetus ei koske:

1. suojeltuja rakennuksia
2. tuotantorakennuksia
3. rakennuksia, joiden pinta-ala on enintään 50 m²
4. muita kuin asuinkäyttöön tarkoitettuja rakennuksia maataloudessa, joissa energian käyttö on vähäinen
5. kasvihuoneita, väestönsuojia tai muita rakennuksia, joiden käyttö alkuperäiseen käyttötarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti.
6. loma-asuntoja, joita ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön

7. määrääjäksi paikalleen pysytettäviä siirtokelpoisia rakennuksia
8. rakennuksia, joita käytetään hartauden harjoittamiseen ja uskonnolliseen toimintaan.

3.1 Energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu 2 § ja laskentaperusteet 3 §

Ympäristöministeriön asetuksessa annetaan kolme eri vaihtoehtoa, joilla voidaan esittää korjaus- ja muutostöiden vaatimuksenmukaisuus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen osalta. Korjaus ja muutostyöhankkeeseen ryhtyvän on lupaan tarvittavan suunnittelun yhteydessä esitettävä toimenpiteet, joilla rakennuksen energiatehokkuutta aiotaan parantaa, rakennusosittain, järjestelmittäin tai koko rakennushankkeen laajuuden ja päättämänsä tavan mukaisesti

3.2 Rakennusosakohtaiset vaatimukset 4 §

Ensimmäinen vaihtoehto on parantaa rakennusosan, esim. ikkunoiden, ulkoseinien jne. lämmöneristävyyttä nykymääräysten mukaisiksi. Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuu rakennusosakohtaisesti, on noudatettava seuraavia vaatimuksia;

1. Ulkoseinä: Alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin alle $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ei tarvitse mennä, käyttötarkoituksen muutoksessa alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai parempi.
2. Yläpohja: Alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$, kuitenkin alle $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ ei tarvitse mennä, käyttötarkoituksen muutoksessa alkuperäinen U-arvo $\times 0,5$ kuitenkin $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai parempi.
3. Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.
4. Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvon oltava vähintään $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ tai parempi. Vanhoja korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan.

Jos käyttötarkoituksen mukaisia ominaisuuksia parannetaan, saa rakennuksen energiankulutus kasvaa ominaisuuksien parantamisesta johtuvalla laskennallisella määrällä. Näin mahdollistetaan teknisten järjestelmien ajanmukaistaminen ja uusien järjestelmien hankkiminen.

Rakennuksen käyttötarkoituksen pysyessä ennallaan voidaan kesäajan huonelämpötilan laskenta jättää tekemättä, jos muuten voidaan varmistua, että rakennuksen ominaisuudet eivät korjauksen tai muutoksen johdosta heikkene.

Rakennusosiin tai teknisiin järjestelmiin kohdistuvien rakennuksen energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden kokonaan tai osittain tekemättä jättämistä voidaan kompensoida tekemällä muut toteutettavat toimenpiteet vaatimusten mukainen taso ylittäen. Kesäaikaisen yllämpenemisen estäminen passiivisilla keinoilla voidaan laskea hyödyksi.

3.3 Teknisten järjestelmien vaatimukset 5 §

Kun rakennuksen teknisiä järjestelmiä peruskorjataan, uudistetaan tai uusitaan.

1. Rakennuksen ilmanvaihdon vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %,
2. Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,0 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$.
3. Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $1,00 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$.
4. Ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,5 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$.
5. Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan.
6. Vesi ja viemärijärjestelmien uusimiseen sovelletaan, mitä uudisrakentamisessa säädetään.

Teknisten järjestelmien peruskorjaamisessa, uudistamisessa ja uusimisessa tulee annettujen raja-arvojen täyttyä riippumatta siitä, mikä vaihtoehdosta 1-3 on valittu.

Tilojen kesäaikaisen sisälämpöolosuhteet eivät saa heiketä korjausten ja uusimisien johdosta. Tilojen kesäaikaisen yllämpenemisen estäminen passiivisilla keinoilla voidaan laskea hyödyksi tilojen jäähdytysenergian tarvetta pienentävänä tekijänä.

3.4 Energiatehokkuus vaatimuksen rakennusluokittain 6 §

Toinen vaihtoehto on parantaa koko rakennuksen energiatehokkuutta kullekin rakennustyyppille määritetyille tasolle. Tässä vaihtoehdossa esitetään rakennuksen koko vuoden kokonaisenergian kulutus todellisena.

Kun energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuu rakentamisen standardikäyttöön perustuvaa energiakulutusta pienentämällä, on rakennusluokittain noudatettava seuraavia energiakulutuksen vaatimuksia.

1. Pien-, rivi-, ja ketjutalo $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$
2. Asuinkerrostalo $\leq 130 \text{ kWh/m}^2$
3. Toimisto $\leq 145 \text{ kWh/m}^2$
4. Opetusrakennus $\leq 150 \text{ kWh/m}^2$
5. Päiväkoti $\leq 150 \text{ kWh/m}^2$
6. Liikerakennus $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$
7. Majoitusliikerakennus $\leq 180 \text{ kWh/m}^2$
8. Muu liikuntahalli kuin jää- ja uimahalli $\leq 170 \text{ kWh/m}^2$
9. Sairaala $\leq 370 \text{ kWh/m}^2$

3.5 E-luku-vaatimus rakennusluokittain 7 §

Kolmas vaihtoehto on laskea rakennukselle lähtötilanteen mukaan kokonaisenergian kulutus eli E-luku ja pienentää sitä rakennustyyppille asetetun tavoitteen mukaisesti. E-luku lasketaan rakennukseen ostettavien energioiden (lämpö, sähkö) ja eri energiamuotojen kertoimien tulona. Luku ilmoitetaan kWh/m^2 vuodessa. Eri energiamuotojen kertoimet ovat: sähkö 1.7, kaukolämpö 0.7, kaukojäähdytys 0.4, fossiiliset polttoaineet 1.0, uusiutuvat energiamuodot 0.5.

1. Pien-, rivi- ja ketjutalo: E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
2. Asuinkerrostalo: E-vaadittu $\leq 0,85 \times \text{E-laskettu}$
3. Toimisto: E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
4. Opetusrakennus: E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
5. Päiväkoti: E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
6. Liikerakennus: E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
7. Majoitusliikerakennus: E-vaadittu $\leq 0,7 \times \text{E-laskettu}$
8. Muu liikuntahalli kuin jää- ja uimahalli: E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$
9. Sairaala: E-vaadittu $\leq 0,8 \times \text{E-laskettu}$

3.6 Vaihtoehtoiset tavat energiatehokkuuden parantamiseksi 8 §

Luvanvaraiseen rakennushankkeeseen ryhtyvän on valittava rakennusosien tai rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi jokin seuraavista vaihtoehdoista.

1. Rakennus täyttää peruskorjattavien, uudistettavien ja uusien rakennusosien osalta 4 § pykälässä säädettyt rakennusosakohtaiset vaatimukset.
2. Rakennuksen energiankulutus on enintään 6 § säädettyjen vaatimusten mukainen.
3. Rakennuksen kokonaisenergiankulutusta pienentämällä 7 § säädettyjen vaatimusten mukaisesti.

Teknisten järjestelmien peruskorjauksessa, uudistamisessa ja uusimisessa sovelletaan 5 § mukaisia vaatimuksia riippumatta siitä, onko kyseessä rakennusosa vai koko rakennus.

3.7 Energiatehokkuuden parantaminen usean korjauksen yhteisvaikutuksena 9 §

Jos valitaan 2. tai 3. kohdan vaihtoehto, on rakennuksen korjaus vaikutuksista energiankulutukseen laadittava suunnitelma. Suunnitelman mukaiset toimenpiteet voidaan toteuttaa vaiheittain, useampana erillisenä korjaushankkeena. Suunnitelmia voidaan muuttaa tarvittaessa seuraavien korjausten yhteydessä. Kokonaisarviointia ei tarvitse tehdä, jos rakennushankkeessa noudatetaan rakennusosakohtaisesti 4 § säädettyjä vaatimuksia ja teknisten järjestelmien osalta 5 § säädettyjä vaatimuksia sellaisenaan. Kokonaisarviointia ei myöskään tarvitse tehdä, jos korjauksen yhteydessä tehtävän energiatehokkuuden parannuksen vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen on vähäinen tai olematon.

4 INVESTOINTI- JA ENERGIAANSÄÄSTÖLASKENTA

Investointilaskelma on koko investoinnin pitoajalle ulottuva laskelma. Laskelman avulla selvitetään investointihankkeen kannattavuus ja edullisuus. Kun resurssit ovat rajalliset, eikä kaikkia tarvittavia investointeja voida toteuttaa, joudutaan eri investointien edullisuutta vertaamaan erilaisten investointilaskelmien avulla. Investointilaskelmien avulla pyritään saamaan eri investoinnit vertailukelpoisiksi, sekä löytämään kannattavimmat ja edullisimmat investoinnit. Kiinteistöjen peruskorjausinvestoinnit ovat vaikutukseltaan pitkäaikaisia, mikä tuo oman riskinsä kannattavuuden arviointiin.

4.1 Laskennan lähtötiedot

Investointilaskelmia varten tarvitaan luotettavat lähtötiedot, jotka tulee pystyä arvioimaan luotettavasti tai ne tulee pystyä mittaamaan tai tiedon tulee perustua johonkin aiemmin tutkittuun tietoon.

Tarvittavia lähtötietoja on mm:

Perushankintakustannus, sekä selvitys, mikä osuus korjaustoimenpiteestä on energiasäästöön liittyviä kustannuksia.

Toimenpiteestä syntyvät ylläpitokustannukset. Tämä sisältää laskentajakson ajan ylläpitokorjaukset, huollot sekä mahdollisesti lisääntynyt energiankulutus jne.

Laskentakorkokanta, jota pidetään minimituottovaatimuksena. Laskentakoron avulla tulevat rahavirrat diskontataan vertailukelpoisiksi laskentahetkeen.

Investoinnin pito-aika. Tässä tulee myös huomioida rakenteiden ja laitteiden eripituiset elinkaariennusteet.

Investoinnin jäännösarvo, joka on yleensä nolla. Koska yleensä käyttöikä päättyy rakennuksen peruskorjaukseen tai purkuun ja tässä vaiheessa jäännösarvon arvioiminen on mahdotonta.

Energian hinnan nousu, on viimeisten vuosien aikana ollut keskimääräistä inflaatiota korkeampi. Energian hinta vaikuttaa merkittävästi energiakorjausten kannattavuuden arviointiin, joten on perustelua huomioida hinnannousu laskelmissa. Energian hinnan nousua on kuitenkin vaikea ennustaa pitkällä aikavälillä, tästä johtuen laskelmia kannattaa tehdä eri vaihtoehdoilla.

4.2 Investointilaskenta menetelmät

Eri investointien kannattavuuden vertailuun käytetään erilaisia investointilaskentamenetelmiä. Nettonykyarvon ja sisäisen korkokannan menetelmät ovat laskelmia, jotka korostavat nimenomaan investoinnin taloudellista kannattavuutta. Takaisinmaksuaika kertoo puolestaan investoinnin rahoitusvaikutuksien kestoajan. Yhdessä käytettynä ne ovat yleisimmin käytettäviä laskentamenetelmiä investointilaskennassa. Edellä mainitut laskentamenetelmät soveltuvat myös kiinteistöjen energiakorjausten kannattavuuden ja edullisuuden vertailuun. Investointipäätöksiä ei yleensä tehdä ainoastaan taloudellisten kriteerien näkökulmasta tarkasteltuna. Myös asumisviihtyisyyden ja terveellisuuden parantuminen on huomioitava päätöksiä tehdessä, samoin kiinteistön markkinointia ja markkina-arvoa nostavat hankkeet tulee myös arvioida eri kriteereillä. Kaikki tehtävät investoinnit eivät saavuta yrityksen asettamia tuottotavoitteita, vaan usein joudutaan tekemään myös kannattomia investointeja, jotta rakennus pysyy käyttökunnossa.

Eri aikana syntyvät rahasuoritukset eivät ole suoraan vertailu kelpoisia keskenään. Jotta eri ajanjaksojen suorituksia voidaan verrata keskenään, joudutaan suoritukset diskonttaamaan nykyhetkeen. Diskonttaus on korkolaskennalle käänteinen tapahtuma. Diskonttokoron avulla selvitetään kuinka paljon tietty summa on laskentahetkellä arvokkaampi kuin tietyn ajan kuluttua. Diskonttauskorko toimii samalla investoinnin minimi-tuottovaatimuksena. Alla on esitetty eri investointilaskentatapoja, sekä Invest for Excel - ohjelman käyttämät laskentaperusteet.

4.3 Nettonykyarvo

Nykyarvomenetelmässä diskontataan vuotuiset tuotot ja kustannukset nykyhetkeen. Tuotoista vähennetään vuotuiset ylläpitokustannukset ja summaa verrataan investointikustannuksiin. Jos investoinnin nettotuotot jäännösarvo mukaan luettuna ovat suuremmat kuin perushankintahinta on investointi kannattava.

Nettonykyarvo (NPV) on veronjälkeisten diskontattujen kassavirtojen summa vähennettynä diskontatuilla investoinneilla. Nykyarvomenetelmässä investoinnin jaksottaiset nettotulo-odotukset diskontataan investoinnin tuottovaatimusta vastaavalla laskentakorolla tarkastelujakson alkuun. Näin saatua nettotulo-odotusten nykyarvoa verrataan

investoinnin hankintamenoon. Jos nykyarvo ylittää hankintamenon niin investointi on kannattava. (Lähde: Invest for Excel käyttöopas versio 3.6)

Suhteellinen nykyarvo (PI) on veronjälkeisten diskontattujen kassavirtojen summa jaettuna diskontattujen investointien summalla.

$PI = PV \text{ vapaa kassavirta} / PV \text{ ehdotetut investoinnit}$.

Investointi on kannattava kun suhteellinen nykyarvo on yksi tai yli. (Lähde: Invest for Excel käyttöopas versio 3.6)

4.4 Sisäinen korko

Sisäinen korko on korkokanta, jolla laskettuna investointien ja kustannusten nykyarvo on nolla. Investointi on kannattava, jos sisäinen korko on sama tai korkeampi kuin vaadittu tuottovaatimus. Yrityksellä on yleensä yleinen, sijoitettua pääomaa koskeva tuottotavoite. Vähimmäistuottovaatimuksena voidaan pitää rahoituksen korkoa. Tuottovaatimusta arvioitaessa, on huomiota kiinnitettävä myös investoinnin liittyviin riskeihin. Mitä suuremmat riskit, sitä korkeampi tulisi tuottotavoitteen olla. Sisäinen korkokanta on tavallisin investointien kannattavuuden mittari. Tuottovaatimukset ovat usein erilaiset eri investoinneille. Sisäinen korkokanta mahdollistaa eri investointien vertailun ja arvioimisen etukäteen.

Sisäinen korkokanta (IRR) vastaa sitä laskentakorkoa, jonka tuottama (NVP) nettonykyarvo on nolla. Menetelmällä lasketaan korkokanta, jolla kassatulo-odotusten nykyarvo on investoinnin hankintamenon suuruinen. (Lähde Invest for Excel käyttöopas versio 3.6)

Modifioitu sisäinen korkokanta eroaa edellisestä siinä, että se ei sijoita voittoja uudelleen sisäisen korkokannan tuotolla, vaan laskentakoron tuotolla. Laskennallisesti tämä tarkoittaa sitä, että kassavirrat kasvavat sen taloudellisen eliniän aikana korkoa ensisijaisesti laskentakorolla. Jos sisäinen korkokanta poikkeaa merkittävästi laskentakorosta, esim. erityisen korkeana tai matalana niin tulee käyttää modifioitua sisäisenkoron laskentatapaa, joka on varovaisempi ja realistisempi.

(Lähde: Invest for Excel käyttöopas versio 3.6)

4.5 Takaisinmaksuaika

Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuajan voi laskea ilman laskentakorkoa, jos vuotuinen nettotuotto on vakio. Tällöin takaisinmaksuaika on hankintameno per vuotuinen nettotuotto. Takaisinmaksuaika kertoo sen ajan, kun investointi maksaa itsensä takaisin, eli tuotot ylittävät kustannukset. Takaisinmaksu ei huomioi investoinnin koko elinkaaren aikaisia tuottoja, joten se ei ole yksin käytettynä hyvä menetelmä eri energiainvestointivaihtoehtojen vertailuun. Se on kuitenkin nopea tapa ennakoarviointiin → kannattaako laskea tarkemmin.

Takaisinmaksuaika (Payback) on vuosissa mitattava aika, joka investoinnin on tuotettava kunnes nettonykyarvo (NPV) on nolla. Ohjelma laskee takaisinmaksuajan diskontasta nettokassavirrasta. Mitä lyhyempi takaisinmaksuaika sitä parempi. Jäännösarvo ei sisälly takaisinmaksuun. Menetelmä ei huomio koko elinkaaren aikaisia tuottoja. Menetelmää tulee käyttää lähinnä lisätietona muille kannattavuuslaskelmille. (Lähde Invest for Excel käyttöopas versio 3.6)

4.6 Herkkyysanalyysit

Tulevaisuuteen liittyy aina epävarmuutta. Investointien kannattavuuden arvioinnit perustuvat miltei aina epävarmoihin ja arvioituihin lähtötietoihin. Herkkyysanalyysin avulla selvitetään, kuinka investoinnin kannattavuus muuttuu jos sen tekijää tai tekijöitä muutetaan. Jokaisen muutoksen jälkeen laskenta suoritetaan uudelleen ja verrataan muutoksen vaikutuksia lopputulokseen. Tärkeintä on tutkia ne epävarmuustekijät ja riskit, jotka voivat viedä investoinnin kannattavuutta huonompaan suuntaan ja joiden vaikutus investoinnin kannattavuuteen on suurin. Käyttämällämme Invest for Excel -laskentaohjelmalla on helppo ja nopea suorittaa herkkyystarkastelut. Tällöin voidaan verrata eri korkovaihtoehtoja, muuttaa laskenta- tai poistoaikoja sekä mm. arvioida energian hinnan muutoksia tulevaisuudessa.

4.7 Jälkiseuranta

Investointien toteutuksen jälkeen tulee ehdottomasti seurata, toteutuvatko ennakkoon arvioidut tapahtumat suunnitellun mukaisesti. Kannattavuuslaskennan suurimpana puut-

teena on usein laiminlyöty jälkiseuranta, jolloin tavoitteet jäävät saavuttamatta. Seuratavia taloudellisia asioita ovat esim. hankintahinnan oikeellisuus, mahdolliset lisäkustannukset. Jos laskelmat pettivät niin siihen johtaneet syyt on syytä selvittää. Kriittisen jälkiseurannan avulla voidaan jatkossa oppia toimimaan entistä tarkemmin ja saamaan tarkempia laskelmia. VVO:lla on varsin kattava ja tarkka energian kulutus seuranta sekä kustannuspaikkakohtainen kustannusseuranta, joiden avulla voidaan helposti seurata, toteutuvatko ennustetut säästöt sekä kustannukset suunnitellusti.

4.8 Energialaskentasovellus

Korjaustoimenpiteillä saavutettavien energiasäästöjen suuruus vaihtelee tapauskohtaisesti, joten on perusteltua selvittää eri korjaustoimenpiteiden energiansäästövaikutukset kohdekohtaisesti. Tarkasteltavana olevien kahden kohteen eri korjaustoimien energiasäästövaikutukset on laskettu ruotsalais-suomalaisena yhteistyönä kehitetyllä IDA Indoor Climate and Energy (IDA-ICE) 4.5 -ohjelmalla. Ohjelman avulla voidaan simuloiden laskea rakennuksen 3 D –mallin avulla sisäilman lämpöolot, ilman laatu, suhteellinen kosteus ja valitun korjaustoimenpiteen vaikutus energiakulutukseen sekä mitoittaa lämmitys- ja jäähdytystehontarve. Ohjelma toteuttaa laskennan dynaamisesti tunnin välein määritetylle laskenta-ajankohdalle. Ohjelma poikkeaa normaalista energialaskennasta siinä, että ohjelmassa on mukana rakennuksen ja sääilmiön geometrinen käsittely, jossa huomioidaan mm. auringon säteily ja säteilyn tulokulma, varjostukset jne.

Simulointia varten rakennuksesta on luotava tarkka 3 D –malli. Tämä voidaan tehdä itse ohjelmalla tai se voidaan tuoda arkkitehdin dwg -kuvina tai IFC -mallin muodossa. Rakennuksen 3 D malli tuotuna IFC -muodossa laskentaohjelmaan, säästää huomattavasti laskennan suoritusaikaa ja samalla kustannuksia. Rakennuksesta luodaan tarkka malli simulointia varten. Määritetään rakennuksen ulkovaipan oikeat rakenteet, talotekniikka, talotekniset lähtöarvot ja kiinteistön käyttöä koskevat tiedot, kuten laite- ja valaistus-sähkönkulutus sekä niistä ja ihmisistä aiheutuvat lämpökuormat.

Laskennan lähtötilanne pyritään saamaan mahdollisimman lähelle rakennuksen todellista kulutusta. Tätä projektia tehdessä selvisi, että 5-10 % tarkkuuteen on mahdollista päästä ilman ainetta rikkovia menetelmiä sekä kohtuuttoman pitkiä esiselvitystöitä. Tuloksena ohjelmasta saadaan mm. rakennuksen kokonaisenergiankulutus sähkön ja lämmön osalta. Energiakulutusten jakaumaa voidaan tarkastella tarvittaessa myös tarkem-

min rakennus- ja vyöhykekohtaisesti. Sisäilman lämpötilaa voidaan tarkastella eri puolilta rakennusta. Virallisen E-luvun laskennassa vertaillaan rakennuksia ja käytetään käytön osalta vakioituja RakMk D3 mukaisia arvoja. Ohjelmalla voidaan tehdä laskenta joko vakioarvoilla tai kohteen todellisten olosuhteiden mukaisesti. Tutkintotyön liitteenä on toimintaohje 3 D -simulointimallin luomisesta sekä siihen tarvittavista tiedoista. (Liite 1)

5 ESIMERKKIKOHTTEIDEN KORJAUKSET JA NIIDEN KANNATTAVUUS- LASKELMAT

Energialaskennassa käytettiin IDA ICE- ohjelmalla luotua simulointimallia. 3 D -mallin tekemistä varten selvitettiin kohteen rakenteet, teknisten järjestelmät ja niiden käyttö, asetusarvot yms. lähtötiedot mahdollisimman tarkasti. Tavoitteena oli päästä näissä kahdessa kohteessa n. 5-10 % laskentatarkkuuteen todelliseen kulutukseen verrattuna. Lähtötietojen selvittäminen varsinkin Hallituskatu 7 kohteessa osoittautui työlääksi. Vanhoja piirustuksia ei ollut saatavilla kaikista rakenteista ja osassa rakenteita toteutus poikkesi suunnitellusta. Rakenteita selvitettiin työmaalla vastaavalta mestarilta, suunnittelijalta sekä hankkeen projektipäällikön avustuksella. Vanhoista teknisistä järjestelmistä ei ollut dokumentoitua tietoa, osa laitteista mallinnettiin arvion perusteella. Kolikkotien kohteen lähtötiedot olivat paremmin saatavilla ja huoltotiedot sekä laitteiden tekniset tiedot löytyivät dokumentoituna.

Investointilaskelmat laskettiin VVO:n käytössä olevalla Data Partner Oy:n Invest for Excel -ohjelmalla. Ohjelmaa hieman paranneltiin tämän tyyppisten laskelmien tekoon mm. siten, että kaikki eri laskentatapaukset saadaan saamaan laskentataulukkoon yhtä aikaa, mikä helpottaa niiden keskinäistä vertailua. Ohjelmalla voidaan suorittaa helposti myös herkkyystarkastelut, koska laskennan muuttujia voidaan helposti muuttaa. Laskelmien tarkoituksena on antaa päätöksen tekijöille numeerista tietoa investoinnin kannattavuudesta.

Laskelmissa käytetyt kustannukset ovat urakoitsijoilta saatuja toteutuneita arvonlisäverollisia hankintahintoja. Seinäeristeiden hinnat ja hinnan muutokset on arvioitu. 30 vuoden laskenta-ajalla ei laskelmissa ole huomioitu kunnossapito- kustannuksia eikä uusien laitteiden sähkönkulutusta. 50 vuoden tarkastelussa on huomioitu ne ylläpitokorjaukset, joilla toimenpiteen elinkaarta on saatu jatkettua 50 vuoteen. Sähkönkulutuserot korjauksista edeltävään tilanteeseen eivät olleet eri laskentatapauksissa kovin merkittäviä. Vaipan lisäeristäminen lisää harvoin ylläpitokustannuksia. Hallituskatu 7:ssä LTO laitteiden sähkönkulutuksen lisäys johtuu pääosin liiketilojen jälkilämmityksestä, joka on hoidettu sähköllä.

Laskentakorkokantana käytettiin VVO:n käyttämää 4 % korkokantaa. Laskentajaksona sekä investointien poistoaikana on käytetty 30 vuotta. Poistot on laskettu vuotuisin tasa-

poistoin. Investointien jäännösarvona on käytetty nollaa. Energian hinnan nousuksi on laskennassa arvioitu 1,5 % vuotuinen hinnan nousu. Vertailulaskelmia on tehty myös 50 vuoden laskentajaksoille. Ikkunoiden, parvekelasien ja LTO -laitteiden 50 vuoden tarkastelussa huomioitiin toimenpiteiden elinkaarta jatkavat ja ylläpitävät lisäinvestoinnit laskentaan mukaan. Nämä toimenpiteet kustannuksineen on esitetty kannattavuutta kuvaavissa taulukoissa.

5.1 Kolikkotie 2, lähtötiedot ja suoritettut toimenpiteet

Kiinteistö sijaitsee Jyväskylässä Holstin kaupungin osassa. Kohde on 1977 rakennettu 1+3 kerroksinen kaksirappuinen lamellikerrostalo. Rakennuksen pohjakerroksessa sijaitsee väestönsuoja, varastotilat, saunaosasto, tekniset tilat sekä yksi liiketila (124 m²). Kellarikerroksen kerrosala on 549 m². Asuinkerroksissa 1-3 on yhteensä 24 huoneistoa, yhteen laskettu pinta-ala on 1338 m². Kaikissa asunnoissa on parvekkeet jotka suuntautuvat pääsääntöisesti etelään. Parvekkeet ovat rakennuksen rungon ulkopuolisia betoni-rakenteisia parvekkeita. Ikkunat ovat kaksipuutteisia puuikkunoita, samoin parvekeovet ovat puurakenteisia. Rakennus on kaukolämmössä, lämmönjako tapahtuu vesipattereilla. Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto, joka on toteutettu kahdella poistoilmapuhaltimella. Toinen IV-puhallin on liiketilan tehostettuun ilmanvaihtoon. Liiketilän tuloilma lämmitetään vesikiertoisella jälkilämmityspatterilla. Varsinaisia LTO laitteita ei ole. Kellaritilan korvausilma otetaan seinissä olevien venttiilien kautta, asunonjen korvausilma tulee tiivisterakojen ja rappukäytävän kautta.

TAULUKKO 5. Rakennuksen lähtötietoja (Energiansäästö-laskentaraaportti 2012)

Perustiedot rakennuksesta			
	ENNEN KORJAUSTA	KORJAUKSEN JÄLKEEN	
Osoite	Kolikkotie 2 40320 Jyväskylä		
Rakennusvuosi	1977		
Rakennustilavuus	6 582	6 582	m3
Bruttoala	2 194	2 194	brm2
Lämmitetty nettoala	1 911	1 911	m2
Kerrosten lukumäärä	1+3	1+3	kpl
Portaiden lukumäärä	2	2	kpl
Parvekkeiden lukumäärä	24 (100 % asunnoista)	24 (100 % asunnoista)	kpl
Asukkaiden lukumäärä	36 (12/2012)	-	kpl
Energian- ja vedenkulutus			
	ENNEN KORJAUSTA (v. 2012)	KORJAUKSEN JÄLKEEN	
Lämmitysenergiankulutus	272	-	MWh/v
Sähköenergiankulutus	26	-	MWh/v
Vedenkulutus	1887	-	m3/v

Kohteessa suoritettiin julkisivun peruskorjaus. Kaikki ikkunat ja parvekeovet uusittiin MSE puu- alumiini-ikkunoiksi, samoin alakerran puuovet uusittiin. Julkisivuille asennettiin 100 mm lisälämmöneristys ns. tuulettuvana rakenteena ja julkisivut verhoiltiin Steni- julkisivuverhouslevyillä. Parvekkeet päätettiin uusina kevytrakenteisiin teräsparvekkeisiin. Lisäksi kaikille parvekkeille asennettiin parvekelasit.

TAULUKKO 6. Laskennan lähtötietoja (Energiansäästö-laskentaraaportti 2012)

Lähtöarvo	Ennen korjausta	Korjauksen jälkeen
Rakenteiden U-arvot		
Ulkoseinät		
US1, 1.-3.krs (W/(m ² K))	0,34	
+ 100 mm lisäeristys, US1a		0,18
+ 150 mm lisäeristys, US1b		0,14
US2, parvekeseinät (W/(m ² K))	0,34	
+ 150 mm lisäeristys, US2a		0,14
US3, kellarikerros (W/(m ² K))	0,40	
+ 100 mm lisäeristys, US3a		0,19
+ 150 mm lisäeristys, US3b		0,15
Yläpohjat		
YP1 (W/(m ² K))	0,21	
+ 400 mm lisäeristys, YP1a		0,09
Alapohjat		
AP1, maanvastainen (W/(m ² K))	0,42	0,42
Ikkunat (W/(m ² K))	1,8 (g=0,71)	1,0 (g=0,55)
Ovet (W/(m ² K))	2,0	1,0
Muita rakennusteknisiä lähtöarvoja		
Kylmäsiilat ⁴⁾	Normaalit	Normaalit
Ilmanvuotoluku, n50 (1/h) ⁴⁾	2,0	2,0

Keskimääräinen ilmanvaihtuvuus määritelty VVO:n käytössä olevien ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen mukaan. Lämpimän käyttöveden osuus on arvioitu 40 % kokonaiskulutuksesta. Valaistusteho ja laiteho RakMK D3 -taulukon 3 mukaisesti. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho on arvioitu.

TAULUKKO 7. Laskennan lähtötietoja (Energiansäästö-laskentaraaportti 2012)

Lähtöarvo	Ennen korjausta	Korjauksen jälkeen
Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde (%)	0	0
Keskimääräinen ilmanvaihtuvuus (1/h) ²⁾	0,6	0,6
Lämpimän käyttöveden kulutus (m ³ /vuosi) ³⁾	755	755
Laiteteho (W/m ²) ⁴⁾	RakMk D3	RakMk D3
Valaistusteho (W/m ²) ⁴⁾	RakMk D3	RakMk D3
Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP-luku (kW/(m ³ s)) ⁵⁾	0,7	0,7

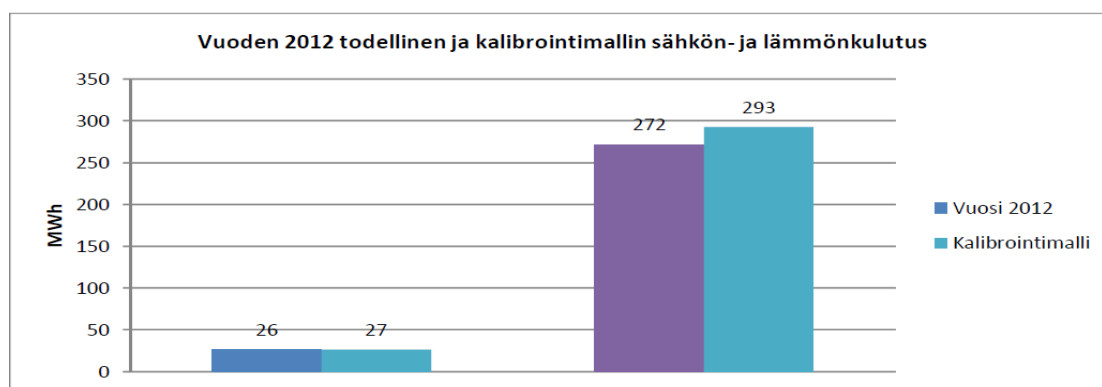
Laskentaan otettiin taulukon 8 mukaiset toimenpiteet. Laskennassa oli mukana kohteessa toteutettujen korjaustoimenpiteiden lisäksi myös vaihtoehtoisia toimenpiteitä,

seinien lisäeristäminen 50 mm ja 150 mm sekä yläpohjan lisäeristys 250 mm. Näillä haluttiin lisä- ja vertailutietoa eri vaihtoehtojen energiansäästöstä. 50 mm eristepaksuuden laskenta tehtiin lisätyönä jälkeinpäin, sillä sitä ei ole taulukossa esitetty.

TAULUKKO 8. Eri laskentatapaukset (Energiansäästölaskentaraportti 2012)

Laskentatapaus	Mitä tehty	Lisätietoja
IO	Uudet ovet ja ikkunat	MSE-ikkunat ($U=1.0, g=0.55$), ovet ($U=1.0$)
US100	Julkisivun lisäeristys 100 mm	$US1a=0.18$, $US2a=0.14$, $US3a=0.19$ W/(m ² K)
US150	Julkisivun lisäeristys 150 mm	$US1b=US2b=0.14$, $US3b=0.15$ W/(m ² K)
LP	Uudet lasitetut parvekkeet vanhoille paikoille	Lasikaide ja parvekelasitus
YP250	Yläpohjan lisäeristys 250 mm	$YP1a=0.09$ W/(m ² K)
KAIKKI+US100	Kaikki vaikutukset yhdessä 100 mm julkisivun lisäeristyksellä ja ilman yläpohjan lisäeristystä	
KAIKKI+US100+YP250	Kaikki vaikutukset yhdessä 100 mm julkisivun lisäeristyksellä ja yläpohjan lisäeristys 250 mm	
KAIKKI+US150	Kaikki vaikutukset yhdessä 150 mm julkisivun lisäeristyksellä ja ilman yläpohjan lisäeristystä	
KAIKKI+US150+YP250	Kaikki vaikutukset yhdessä 150 mm julkisivun lisäeristyksellä ja yläpohjan lisäeristys 250 mm	

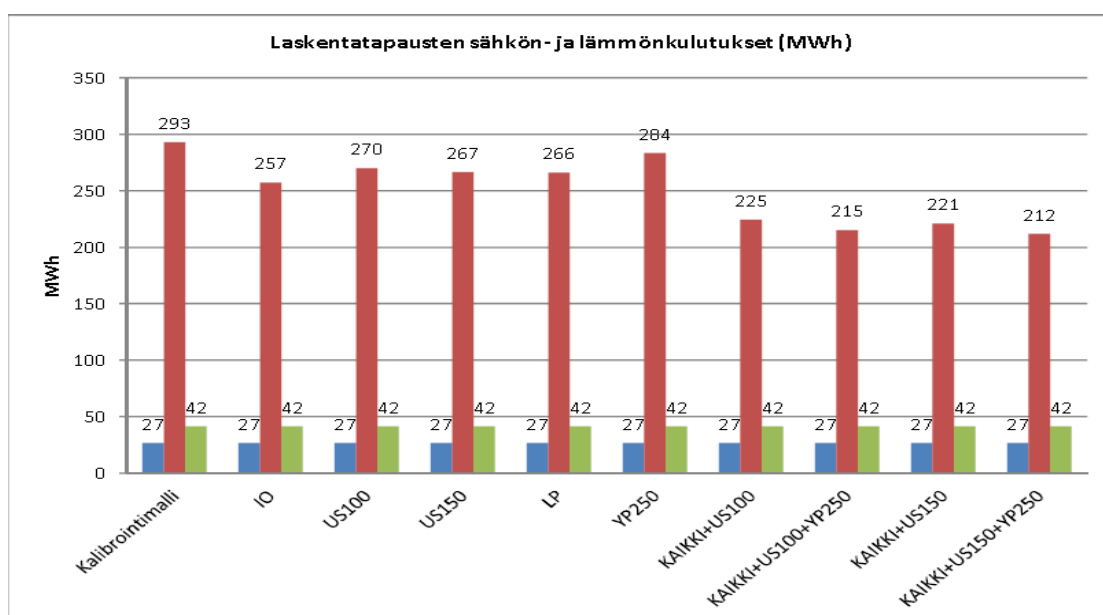
Kolikkotie 2:ssa tavoitteena oli saada kalibroitu simulointimalli 5-10 % tarkkuuteen toteutuneisiin kulutuksiin verrattuna. Kalibrointia verrattiin vuoden 2012 kulutukseen, joka katsottiin lähinnä vastaavan 10 vuoden keskiarvoa. Kuviossa 2 on esitetty todellinen ja kalibroitu sähkön ja lämmönkulutus. Kalibroitu lämmönkulutus on n. 8 % todellista suurempi. Sähkötalutusta on tarkasteltu kiinteistösähkön osalta, kalibroitu kiinteistösähkön kulutus on n. 4 % todellista suurempi. Lämmön sekä sähkön osalta päästiin haluttuun 5- 10 % laskentatarkkuuteen.



KUVIO 2 (Energiansäästölaskentaraportti 2012)

5.2 Energian säästöt eri tapauksissa

Kuviosta 3 näkyy eri toimenpiteiden jälkeinen lämmönkulutus, yksittäisen toimenpiteen vaikutusta on aina verrattu alkuperäiseen tilanteeseen. Toimenpiteiden yhteisvaikutusta laskettaessa (KAIKKI + US100) on eri toimenpiteiden keskinäinen vaikutus, kuten parvekeseinän ja ikkunoiden parantuneen lämmöneristävyyden vaikutus parvekelaseilla saavutettuun säästöön huomioitu laskennassa. Tästä syystä eri toimenpiteiden erillisvaikutuksia ei voida aina suoraan laskea yhteen. Kohteessa suoritetuilla korjaustoimenpiteillä ei ole vaikutusta sähkönkulutukseen. Sähkön kulutuksessa on mukana myös muu kuin kiinteistösähkö. Muuta sähköä (42 MWh) ei ole kalibroitu lähtötilanteessa.

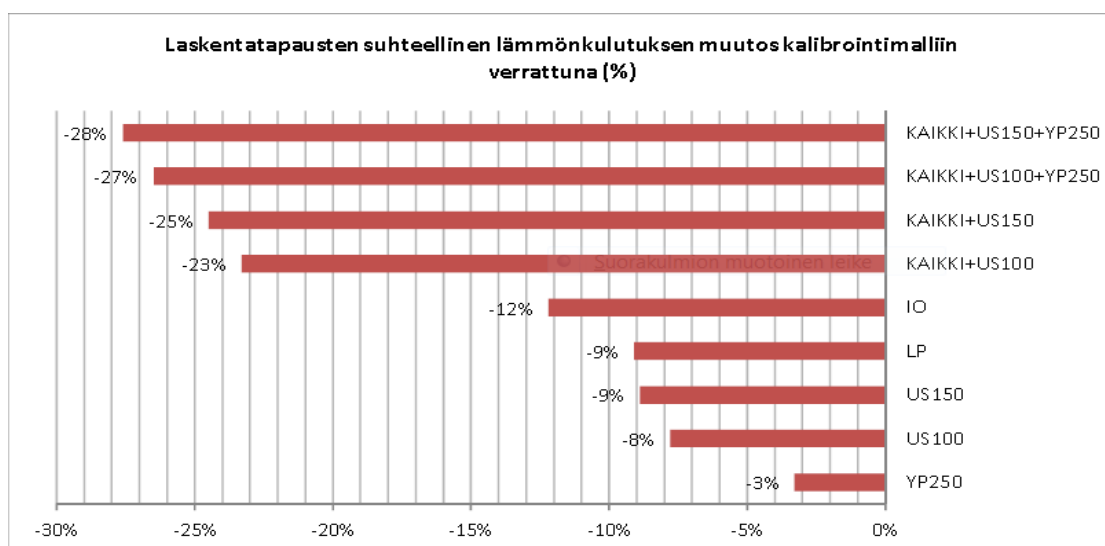


KUVIO 3. Kolikkotie 2, energian kulutus eri laskenta-tapauksissa (Energiansäästö-laskentareportti 2012)

Kuviosta 4 voidaan nähdä eri toimenpiteiden tuomat säästöt energiankulutuksessa. Suurin yksittäinen lämmönkulutukseen vaikuttava korjaustoimenpide on ikkunoiden ja parvekeovien uusiminen, jolla saavutetaan vuodessa 12 % (36 MWh) säästö kokonaislämmönkulutuksesta. Toiseksi eniten säästöä toi parvekelasien asentaminen, säästö 9 % (27 MWh). Kolmanneksi eniten säästöä olisi tuonut 150 mm lisälämmöneristys 9 % (26 MWh) säästö energiankulutuksessa vuodessa. Lisälämmöneristys 100 mm tuo 8 % (23 MWh) säästön ja 50 mm eristepaksuudella olisi saatu 5 % (15 MWh) säästö vuodessa. Yläpohjan lisäeristyksellä 250 mm olisi saatu 3 % (9 MWh) vuotuinen säästö. Kohteessa toteutettujen korjaustoimenpiteiden, ikkunoiden ja ovien uusiminen, parvekelasien

asentaminen ja seinän lisäeristys 100 mm toi yhteensä 23 % (68 MWh) lämmitysenergian säästön vuodessa.

Parvekelaseilla saavutettavaa energiansäästöä arvioitaessa on huomioitava, että julkisivusta lähes puolet on parvekeseinää. Parvekelasien säästövaikutus pienenee sitä mukaa mitä paremmin seinät on eristetty ja mitä energiatehokkaammat ikkunat ja ovet rakennuksessa on. Tästä syystä eri toimenpiteiden säästöä ei voida suoraan laskea yhteen. Parvekkeet olivat pääosin suuntautuneet etelään, joten kohde oli parvekelaseille lähes ihanteellinen. Parvekeseinien kohdalla tulee lisäeristeen tarve ja määrä suunnitella yhdessä parvekelasien tuoman hyödyn kanssa. Tässä tapauksessa parvekeseinien lisälämmöneristäminen toi lisäkustannuksia ja leikkaa samalla parvekelaseilla saavutettavasta säästöstä ison osan. Korjaustöiden jälkeen tulee suorittaa lämmön ja ilmanvaihdon säätötyöt, tavoitteena on mallin mukainen tavoitetaso lämmönkulutuksessa.



KUVIO 4. Kolikkotie 2, toimenpiteiden säästö kiinteistön kokonaisenergian kulutuksesta (Energiansäästölaskentaraaportti 2012)

5.3 Energiatarkastelu E-luku

Taulukosta 8 näkyy eri korjaustoimenpiteiden jälkeinen energiakulutus sekä kulutuksen mukaisesti laskettu E-luku. E-luku ei ole laskettu RakMK D 3 ohjeiden mukaisesti standardikäytölle. Koska haluttiin selvittää kohteen todelliset energiansäästöt, tehtiin simulointimalli kohteen todellisten olosuhteiden ja käytön mukaisesti. Sääolosuhteet on arvioitu Jyväskylän sääolojen mukaan sekä ilmanvaihtuvuus rakennuksen käytön mukai-

sesti. Taulukko toimii kuitenkin hyvin suuntaa antavana ja eri vaihtoehtoja voidaan verrata keskenään.

Mallista laskettu rakennuksen alkuperäisten ominaisuuksien mukainen E-luku on 169 kWh/m². Jos energiatehokkuutta halutaan tarkastella kokonaisenergiankulutusta pienentämällä, voidaan tavoiteltava E-luku laskea mallin lähtötilanteesta, $169 \text{ kWh} \cdot 0,85 = 144 \text{ kWh/m}^2$. Taulukosta nähdään, että suoritetuilla toimenpiteillä saavuttiin vaadittu 15 % säästö energiankulutuksessa. Lähes samaan lopputulokseen olisi päästy uusimalla ikkunat ja ovet, asentamalla parvekelasit sekä lisäämällä seiniin 50 mm lisäeristys muihin kuin parvekeseiniin. Asuinkerrostalolle vaadittua todellisen kokonaisenergian käytölle asetettua 130 kWh/m² tavoitetta ei saavutettu. Taulukosta 6 nähdään, että rakennusosakohtaisessa tarkastelussa ikkunat ja ovet täyttivät annetut vaatimukset mutta seinät olisivat vaatineet 150 mm lisälämmöneristeen, jotta annetut vaatimukset olisivat täyttyneet.

TAULUKKO 8. Kolikkotie 2, kokonaisenergiankulutus ja E -luku. Laskettu rakennuksen todellisen käytön mukaan.

	Lämmitys Mwh	Toimenpiteen tuoma energian säästö	Kiint.sähkö + Muu sähkö Mwh	Kokonais- energian- kulutus MWh	Kok. energian kulutus kWh / m ²	Energiamuotojen kertoimilla korjattu energian kulutus	E-luku
Kalibroitu lähtötilanne	293		69	362	189	322	169
IO / Uudet ovet ja ikkunat	257	36	69	326	171	297	156
US100 / Julkisivun lisäeristys 100mm	270	23	69	339	177	306	160
US 150 / Julkisivun lisäeristys 150 mm	267	26	69	336	176	304	159
LP / parvekelasit	266	27	69	335	175	304	159
YP 250 / yläpohjan lisäeristys	284	9	69	353	185	316	165
KAIKKI+US100	225	68	69	294	154	275	144
KAIKKI+US100+YP250	215	78	69	284	149	268	140
KAIKKI+US150	221	72	69	290	152	272	142
KAIKKI+US150+YP250	212	81	69	281	147	266	139

5.4 Kustannus- ja investointilaskelmat

Kun tarkastellaan korjaustoimenpiteiden taloudellista kannattavuutta taulukosta 10, nähdään seinien lisäeristämisen 100 mm olevan selkeästi kannattavin yksittäinen toimenpide, modifioitu sisäinen korko 5,04 %. Kun tarkasteltiin pelkästään saavutettua energiansäästöä, niin sen tuoma säästö 23 MWh / vuosi oli kolmanneksi suurin, ikkunoiden ja ovien uusimisen sekä parvekelasien asentamisen jälkeen. Investoinnin pienet kustannukset tekevät siitä kuitenkin kannattavimman taloudellisessa tarkastelussa. Tarkastelussa on huomioitu vain eristeen hinta. Seinät olisi jouduttu joka tapauksessa korjaamaan uudelleen verhoamalla, jolloin eristeeksi olisi riittänyt 50 mm, tuolla eristemäärällä olisi saavutettu 15 MWh vuotuinen lämmitysenergiesäästö. Parvekelasien

asennus on toiseksi kannattavin toimenpide, toimenpiteen tuotto 3,19 %. Vaikka ikkunoiden ja ovien vaihdolla saavutettiin suurin energiansäästö 36 MWh, niin taloudellisessa tarkastelussa toimenpiteelle saatiin sisäisen koron laskennalla vain 0,69 % tuotto. Kaikkien energiatehokkuutta parantavien toimenpiteiden yhteenlaskettu tuotto oli 1,38 %. Laskelmissa ei ole huomioitu jäännösarvoa toimenpiteille. Korjaustoimenpiteiden elinkaari on pääosin 50 vuotta. Parvekelasien elinkaarta voidaan jatkaa kahdella kunnostavalla huollolla 50 vuoteen. Laskentajakson olleessa 30 vuotta ja toimenpiteen elinkaaren ollessa 50 vuotta voidaan jakson lopussa olettaa hankkeella olettaa olevan vielä käyttöarvoa. Tässä tarkastelussa ei ole arvioitu eri hankkeiden jäännösarvoja tai käyttöarvoja laskentajakson lopussa. Huomioitava kuitenkin on, ikkunat ja ovet sekä etenkin parvekelasit vaativat huoltotoimenpiteitä, jotta 50 vuoden elinkaari saavutetaan.

TAULUKKO 9. Taulukosta näkyy saavutetut energiansäästöt sekä toimenpiteiden kustannukset, energian hintana on käytetty 59,87 €/MWh.

	Lämpö, säästö MWh/vuosi	Säästö € / vuosi	Toimenpiteen kustannukset
IO / Uudet ovet ja ikkunat	36	2155	118000
US 50 / Julkisivun lisäeristys 50 mm	15	898	17874
US100 / Julkisivun lisäeristys 100mm kok.hinta	23	1377	180000
US 100 eristeen kustannus mineraalivilla	23	1377	21184
US lisäeriteen kustannus 50 --> 100	8	479	3310
US 150 / Julkisivun lisäeristys 150 mm kok. hinta	26	1557	183310
US 150 eristeen kustannus, mineraalivilla	26	1557	24494
US lisäeristeen kustannus 100 -->150	3	180	3310
LP / parvekelasit	27	1616	42408
YP 250 / yläpohjan lisäeristys	9	539	5400
KAIKKI+US100	68	4071	181592
KAIKKI+US100+YP250	78	4670	186992
KAIKKI+US150	72	4311	184902
KAIKKI+US150+YP250	81	4849	190302

TAULUKKO 10. Taulukkoon on koottu toteutuneiden korjaustoimenpiteiden kannattavuutta kuvaavat tunnusluvut.

Projektikuvaus	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	118 000	21 184	42 408	181 592
Pääoman tuottovaatimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkastelu aika (vuotta)	30,0	30,0	30,0	30,0
Tarkastelu aika	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	44 665	28 536	33 498	84 366
Jäännösarvon nykyarvo	0	0	0	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	44 665	28 536	33 498	84 366
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	44 665	28 536	33 498	84 366
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-118 000	-21 184	-42 408	-181 592
Investointisubventiot	0	0	0	0
Investointiehdotus	-118 000	-21 184	-42 408	-181 592
Nettonykyarvo (NPV)	-73 335	7 352	-8 910	-97 226
NPV kuukausiannuiteettina	-347	35	-42	-460
Sisäinen korkokanta (IRR)	-2,14 %	6,44 %	2,30 %	-1,01 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	0,69 %	5,04 %	3,19 %	1,38 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	0,38	1,35	0,79	0,46
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	-	20,0	-	-
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	-	13,9	22,3	-
Nettopääoman tuotto (RONA), %	-3,82 %	32,17 %	11,47 %	-0,62 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	-3 596	593	-239	-4 591
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	-71 975	7 596	-8 421	-95 132
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	Ikkunat ja ovet säästö 2155 €/vuosi	Lisäeristys 100 mm säästö 1377 €/vuosi	Parvekelasit säästö 1616 €/vuosi	Ed.yhteensä säästö 4071 €/vuosi

Vertailun vuoksi laskelmat on tehty myös 50 vuoden laskentajakson, eli toimenpiteiden elinkaaren ajalle. Laskelmissa on huomioitu ikkunoiden ja ovien sekä parvekelasien vaatimat elinkaaren aikaiset ylläpitokunnostukset. Taulukosta 11 nähdään, että tuotto paranee kaikissa toimenpiteissä järjestyksen pysyessä kuitenkin samana. Tässä tarkastelussa seinien lisäeristämisen lisäksi myös parvekelasien kohdalla saavutetaan tavoiteltu 4 % tuottovaatimus. Ikkunoiden ja ovien tuotto paranee 0,69 % → 2,6 %:n. Kokonaisuuutena hankkeen tuotto nousee 1,38 % → 2,98 %:n.

TAULUKKO 11. Toimenpiteiden kannattavuus 50 vuoden tarkasteluajalla, tarkasteluajan vaatimat ylläpitävät huollot ja laitteiden uusimiset on huomioitu laskennassa.

Projekti kuvaus	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2	VVO / Kolikkotie 2
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	122 000	21 184	56 008	199 192
Pääoman tuotto vaatimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkastelu aika (vuotta)	50,0	50,0	50,0	50,0
Tarkastelu aika	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	60 674	38 764	45 505	114 606
Jäännösarvon nykyarvo	338	0	769	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	61 011	38 764	46 274	114 606
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	61 011	38 764	46 274	114 606
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-119 186	-21 184	-46 190	-199 192
Investointisubventiot	0	0	0	0
Investointiehdotus	-119 186	-21 184	-46 190	-199 192
Nettonykyarvo (NPV)	-58 175	17 580	84	-84 586
NPV kuukausiannuiteettina	-222	67	0	-322
Sisäinen korkokanta (IRR)	1,04 %	7,66 %	4,01 %	1,53 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	2,60 %	5,26 %	4,00 %	2,86 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	0,51	1,83	1,00	0,58
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	-	20,0	-	-
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	41,3	13,9	22,3	37,0
Nettopääoman tuotto (RONA), %	4,58 %	59,55 %	20,88 %	10,67 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	-1 625	1 182	735	-1 968
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	-57 178	17 762	531	-82 875
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	Ikkunat ja ovet 50v tarkastelu / poisto, 30v kohdalla 4000 € huolto	Lisäeristys 100mm 50v tarkastelu / poisto 100 mm eriste	Parvekelasit 50 v tarkastelu / 30v poisto, elinkaaren aikana 25v kohdalla 4800 huolto ja 35v kohdalla 9600 huolto	Ed.yhteensä 50v tarkastelu / poisto, Elinkaaren aikana 30v kohdalla 4000€ ikkuna huolto, 25v kohdalla 4800€ parvekelasihuolto ja 35v kohdalla 9600€ parvekelasi huolto

Parvekeseinien lisäeristysten tarpeellisuus ja määrä tulee tarkastella aina parvekelaseilla saavutettavan hyödyn kanssa yhdessä. Parvekelaseilla saadaan tässä kohteessa lähes sama energiansäästö kuin seinien 150 mm lisäeristyksellä. Jos parvekeseinät lisäeristys olisi jätetty tekemättä, olisi se alentanut hankkeen kokonaiskustannuksia ja siten parantanut hankkeen kannattavuutta. Puurunkoisten seinien ulkoverhous on kuitenkin uusittava, tässä yhteydessä on syytä tarkastaa myös rakenteiden kunto ja tiiveys, sekä korjata niissä esiintyvät viat ja puutteet. Seinäpinta-ala parvekeseinissä on yleensä pieni, ikkunoiden ja ovien viedessä ison osan pinta-alasta.

Taulukkoon 12 on koottu laskelmat eri eristemäärillä, tarkastelujakso on 50 vuotta. Laskelmassa on huomioitu vain eristeen hinta kokonaiseristemäärällä ja aina 50 mm eristemäärän lisähinnalla. Laskelma osoittaa selkeästi lisäeristämisen kannattavuuden ns. peittävän julkisivukorjaustyön yhteydessä. Paras kannattavuus saavutettiin 100 mm:n eristemäärällä, jolloin tuotto on 5,26 %. Seinän lisäeristäminen on näiden laskelmien mukaan taloudellisesti kaikkein kannattavin toimenpide. Parvekeseinillä tulee kuitenkin huomioida parvekelasien tuoma säästö yhdessä seinärakenteen kanssa. Kolikkotien kohdalla olisi päästy samaan energiasäästöön ja taloudellisesti parempaan lopputulokseen jättämällä parvekeseinien lisäeristys tekemättä ja nostamalla muun seinän eristemäärä 150 mm:n. Suurimmat kustannukset ns. peittämissä julkisivuremonteissa tulee muusta kuin itse eristeestä ja sen asennuksesta. Eristeen hinnaksi on laskelmissa otettu 100 mm eristemäärälle 32 €/m². Saamieni tarjouksien mukaan eristemäärän lisäys 50 mm tuo lisähintaa 5 – 7 €/m². Hinta voi vaihdella korjaustavan sekä käytettävien järjestelmien mukaan. Kolikkotie 2:ssa ei yläpohjan lisäeristystä tehty, koska se olisi vaatinut kattorakenteiden muutostöitä tuulettuvuuden varmistamiseksi. Yläpohjan lisäeristäminen on kannattavaa energiataloudellisesti tarkasteltuna, mikäli toimenpide onnistuu ilman rakenteiden muutostöitä.

TAULUKKO 12. Vertailu eri seinäeristemäärillä

Projektikuvaus	Kolikkotie 2, energiasäästöt	Kolikkotie 2, energiasäästöt	Kolikkotie 2, energiasäästöt	Kolikkotie 2, energiasäästöt	Kolikkotie 2, energiasäästöt	Kolikkotie 2, energiasäästöt
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	17 874	3 310	21 184	3 310	24 494	5 400
Pääoman tuottovaatimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkasteluaika (vuotta)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Tarkasteluaika	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	25 281	13 483	38 764	5 056	43 820	15 168
Jäännösarvon nykyarvo	0	0	0	0	0	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	25 281	13 483	38 764	5 056	43 820	15 168
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	25 281	13 483	38 764	5 056	43 820	15 168
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-17 874	-3 310	-21 184	-3 310	-24 494	-5 400
Investointisubventiot	0	0	0	0	0	0
Investointiehdotus	-17 874	-3 310	-21 184	-3 310	-24 494	-5 400
Nettonykyarvo (NPV)	7 407	10 173	17 580	1 746	19 326	9 768
NPV kuukausiannuiteettina	28	39	67	7	74	37
Sisäinen korkokanta (IRR)	5,93 %	15,95 %	7,66 %	6,42 %	7,49 %	11,38 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	4,72 %	6,96 %	5,26 %	4,88 %	5,22 %	6,17 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	1,41	4,07	1,83	1,53	1,79	2,81
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	28,3	7,8	20,0	25,4	20,5	11,9
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	17,5	6,6	13,9	16,4	14,2	9,4
Nettopääoman tuotto (RONA), %	43,36 %	146,98 %	59,55 %	47,77 %	57,96 %	97,71 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	608	573	1 182	132	1 314	578
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	7 560	10 201	17 762	1 775	19 536	9 815
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	50 mm seinäeriste, 50 v tarkastelu / 50 v poisto, säästö 898 €/vuosi, 15 MWh	50 → 100 mm, 50 v tarkastelu / poisto, säästö 479 €/vuosi, 8 MWh	100 mm, 50 v tarkastelu / poisto, säästö 1377 €/vuosi, 23 MWh	100 → 150 mm, 50 v tarkastelu / poisto, säästö 180 €/vuosi, 3 MWh	150 mm eriste, 50 v tarkastelu / poisto, säästö 1557 €/vuosi, 26 MWh	Yläpohja 250 mm, 50v tarkastelu / poisto, säästö 539 €/vuosi, 9 MWh

5.5 Hallituskatu 7, lähtötiedot ja suoritettut toimenpiteet

Kohde sijaitsee Tampereen keskustassa. Se on vuonna 1958 rakennettu 2+7 kerroksinen asuinrakennus. Rakennuksen alakellarikerroksessa sijaitsevat väestönsuoja, varasto ja teknisiä tiloja sekä sauna- ja pesutilat. Kellarikerroksessa sijaitsee parkkihalli sekä liiketiloja. Ensimmäinen kerros on liiketiloja ja kerrokset 2-7 ovat asuinkerroksia. Rakennuksen julkisivut ovat paikalla tehtyjä tiili / betoniseiniä. Julkisivut ovat rapattuja lukuun ottamatta ikkunanauhuja, jotka ovat puurakenteisia. Rakennus on kaukolämmössä, lämmönjako tapahtuu vesipattereilla. Rakennuksessa oli koneellinen poistoilmanvaihto, erillisiä korvausilma venttiileitä ei ollut. Yhdessä liiketilassa oli vuokralainen asentanut omalla kustannuksellaan jäähdytyksen. Muissa tiloissa ei ollut jäähdytystä.

TAULUKKO 13. Laskennan lähtötietoja (Energiansäästö-laskentarataportti 2012)

	ENNEN KORJAUSTA	KORJAUKSEN JÄLKEEN	
Osoite	Hallituskatu 7, Tampere		
Rakennusvuosi	1958		
Rakennustilavuus	21 500	23 250	m ³
Bruttoala	7 460	8 046	bm ²
Lämmitetty nettoala	6 480	7 016	m ²
Kerrosten lukumäärä	2+7	2+8	kpl
Portaiden lukumäärä	3	3	kpl
Parvekkeiden lukumäärä	36 (60 % asunnoista)	68(100% asunnoista)	kpl
Asukkaiden lukumäärä	ei tiedossa	101(2/2013)	kpl

Lähtöarvo	Ennen korjausta	Korjauksen jälkeen
Rakenteiden U-arvot		
Ulkoseinät		
US1, ikkunapilarit (W/(m ² K))	1,05	1,05
+ 100 mm lisäeristys, US1a		0,27
+ 150 mm lisäeristys, US1b		0,20
US2, päädyn betonirakenteet (W/(m ² K))	0,65	0,65
+ 100 mm lisäeristys, US2a		0,24
+ 150 mm lisäeristys, US2b		0,18
US3, kevytrakenteiset osat (W/(m ² K))	0,43	0,43
+ 100 mm lisäeristys, US3a		0,20
+ 150 mm lisäeristys, US3b		0,16
US4, porrashuone (W/(m ² K))	1,14	1,14
+ 100 mm lisäeristys, US4a		0,28
+ 150 mm lisäeristys US4b		0,20
US5, lasitiiliseinä (W/(m ² K))	3,2	2,8
MPI1, maanvastainen seinä (W/(m ² K))	0,77	0,77

Yläpohjat		
YP1, 7.krsen katto (W/(m ² K))	0,49	
+ lisäeristys nykyääräystasoon, YP1a		0,09
YP3, pihakansi (W/(m ² K))	0,52	0,52
YP4, liiketilat (W/(m ² K))	0,40	0,40
YP5, 8.krs (W/(m ² K))		0,09
Alapohjat		
AP1, maanvastainen (W/(m ² K))	0,29	0,29
AP2, ulkoilman vastainen (W/(m ² K))	0,13	0,13
Ikkunat		
Asuintilat (W/(m ² K))	2,1 (g=0,78)	1,0 (g=0,55)
Liiketilat (W/(m ² K))	5,1 (g=0,85)	1,1 (g=0,61)
Ovet		
Metalliovet (1.krs) (W/(m ² K))	4,0	1,1
Parvekeovet (W/(m ² K))	2,1	1,0
Muita rakennusteknisiä lähtöarvoja		
Kylmäsiilat ¹⁾	Normaalit	Normaalit
Ilmanvuotoluku, n50 (1/h) ¹⁾	2,0	2,0

Kohteen lähtötietojen hankinta oli työlästä johtuen puutteellisista asiakirjoista. Kaikista rakenteista ei löytynyt piirustuksia, eikä aikaisemmista huoltokorjauksista ollut tarkkaa tietoa. Piirustukset olivat joiltakin osin ristiriidassa paikan päällä todettujen rakenteiden kanssa, myöskään purettuja rakenteita ei ollut esitetty. Korjausta edeltävää rakennuksen käyttöä koskevia tietoja kuten sisälämpötiloja, ilmanvaihtolaitteita ja niiden toimintaa,

asukasmääriä ja käyttöprofiilia ei ollut kaikilta osin tiedossa. Rakennuksen taloussähkön suuruusluokka arvioitiin Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011–tutkimuksen esimerkitalouksien perusteella. Varustetasoltaan rakennuksen arvioitiin olevan tavanomainen ja asukkaat työssäkäyviä ihmisiä. Sääolot on huomioitu Tampere Härmälän 2010 vuoden säätiedoilla. Auringon säteilyvaikutus on huomioitu laskentaohjelmassa olevaa säteilytietoa hyväksikäyttäen, koska paikallista tietoa ei ole käytettävissä. Viereisten rakennusten varjostukset mallinnettiin asemapiirustuksen mukaisesti.

Keskimääräinen ilmanvaihtuvuus on arvioitu. Korjausten jälkeinen tilanne on arvioitu asuintiloissa 0,5 1/h. Liiketiloissa 1/h käyttö tilojen käyttöaikoina ma - pe klo 7-19 ja la 7-17 sunnuntaina oletettiin ilmanvaihdon olevan pois päältä. Lämpimän käyttöveden osuudeksi on todelliseen kulutukseen perustuen arvioitu 35 %. Laiteteho ja valaistusteho ovat rakentamismääräyskokoelman D 3 taulukon 3 mukaiset. Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP -luku, on arvioitu.

TAULUKKO 14. Laskennan lähtötietoja (Energiansäästö-laskentaraportti 2012)

Lähtöarvo	Ennen korjausta	Korjauksen jälkeen
Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde (%)	0	60–65
Keskimääräinen ilmanvaihtuvuus (1/h) ²⁾	0,3	>0,5
Lämpimän käyttöveden kulutus (m ³ /vuosi) ³⁾	2446	2646
Laiteteho (W/m ²) ⁴⁾	RakMk D3	RakMk D3
Valaistusteho (W/m ²) ⁴⁾	RakMk D3	RakMk D3
Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, SFP-luku (kW/(m ³ s)) ⁵⁾	0,7	1,5

Kohteeseen tehtiin vuosien 2011 - 2012 aikana mittavat peruskorjaukset sekä rakennusta korotettiin rakentamalla ullakkokerrokseen 8 uutta huoneistoa. Peruskorjaus käsitti seuraavat toimenpiteet:

- kaikki liiketilojen ja asuntojen ikkunat ja ovet uusittiin
- hissit uusittiin
- kaikki asunnot peruskorjattiin
 - o pieniä huonetilojen muutoksia
 - o asuntosaunoja suurimpiin asuntoihin 12 kpl
 - o mukavuus lattialämmitys kylpyhuoneisiin
 - o varustetasoa parannettiin, astianpesukoneet, keraamiset liedet, uudet kylmälaitteet.
 - o huoneistokohtainen LTO, liiketiloissa tuloilman jälkilämmitys sähköllä, asunnoissa kaukolämmöllä.

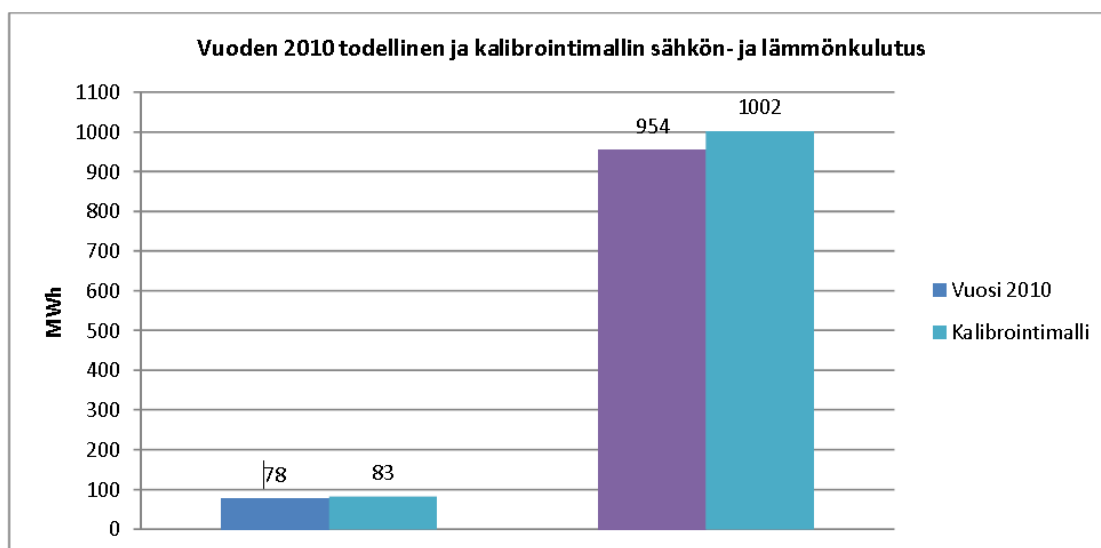
- uusia parvekkeita rakennettiin 32 kpl.
- parvekelasit asennettiin kaikkiin asuntoihin.
- alakerran tilat
 - kaikki pinnat uusittiin
 - autohalliin rakennettiin lisäpaikkoja
 - saunatilat ja pesulat uusittiin, samalla niihin lisättiin pesu- ja kuivauskoineita.
- piha-alueen kunnostus, jäteasema (molok) sekä pieni leikkipaikka

Laskentaan otettiin mukaan toteutettujen korjaustoimenpiteiden lisäksi seinien lisälämmöneristys kahdella eri eristemäärällä (100 mm ja 150 mm). Taulukkoon 15 on listattu eri laskentatapaukset. Kaikki taulukossa olevat tapaukset on laskettu erikseen lähtötilanteeseen verraten sekä kaikki yhdessä. Kohdassa kaikki on laskettu kaikki kohteessa toteutetut toimenpiteet yhteen.

TAULUKKO 15. Laskentatapaukset (Energiansäästölaskentaraaportti 2012)

Laskentatapaus	Mitä tehty	Lisätietoja
IO_A	Uudet ovet ja ikkunat asuintiloihin	MSE-ikkunat ($U=1.0, g=55$), ovet ($U=1.0$), lasitiili ($U=2.8$)
IO_L	Uudet ovet ja ikkunat liiketiloihin	Näyteikkunat ($U=1.1, g=61$), ovet ($U=1.1$), pihanpuoleiset ikkunat asuintilojen ikkunoiden mukaiset
IO_A+L	Kaikki ikkunat ja ovet uusittu	
US100	Julkisivun lisäeristys 100 mm	$US1a=0.27, US2a=0.24, US3a=0.20, US4a=0.28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
US150	Julkisivun lisäeristys 150 mm	$US1b=0.20, US2b=0.18, US3b=0.16, US4b=0.20 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
LP_V	Uudet lasitetut parvekkeet vanhoille paikoille	Lasikaide ja parvekelasitus
LP_K	Kaikki uudet lasitetut parvekkeet	Lasikaide ja parvekelasitus
LP_U	Uudet lasitetut lisäparvekkeet	Lasikaide ja parvekelasitus
LKRS	Lisätty 8.kerros	$YP1a=YP5=0.09 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
KTP_1	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto alkupe- räisellä ilmanvaihtuvuudella	Ilmanvaihtuvuus 0,3 1/h
KTP_2	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto lopulli- silla ilmamäärillä	Asuintilojen ilmanvaihtuvuus 0,5 1/h ja liiketilojen il- manvaihtuvuus 100 % teholla käyttöaikana
VARUSTE	Varustetason muutos	Keittiöiden varustelutaso, mukavuuslattialämmitykset, huoneistosaunat ja energiatehokkaammat hissit
KAIKKI	Kaikki vaikutukset yhdessä ilman lisäeristystä	
KAIKKI+US100	Kaikki vaikutukset yhdessä ja julkisivun lisä- eristys 100 mm	
KAIKKI+US150	Kaikki vaikutukset yhdessä ja julkisivun lisä- eristys 150 mm	

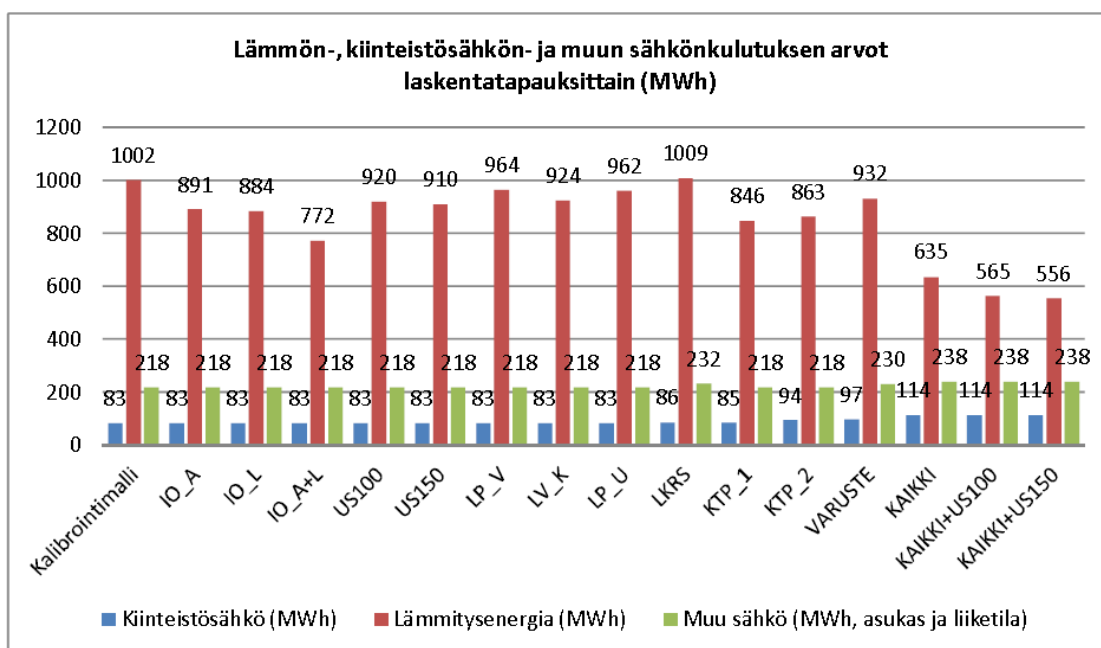
Tavoitteena oli tässäkin kohteessa saada kalibroitu malli 5 -10 % tarkkuuteen todelliseen energian kulutukseen verrattuna. Kulutusta verrattiin vuoden 2010 kulutuslukuun. Sähkön osalta tarkasteltiin tarkemmin ainoastaan kiinteistösähkö. Sekä lämmön että sähkön kulutus on kalibrointimallissa 5 % todellista suurempi. Erot mallin ja todellisen kulutuksenvälillä johtuvat mm. valaistuksen ja laitteiden käyttöaikojen, todellisten lämpötilojen ja ilmanvaihdon käyttöaikojen arvioinneissa tulleista eroista.



KUVIO 5 (Energiansäästölaskentaraaportti 2012)

5.6 Energian säästöt eri laskentatapauksissa

Kuviossa 6 on esitelty Hallituskatu 7:n kulutukset eri korjaustoimenpiteiden jälkeen sekä kaikki yhdessä, jolloin toimenpiteiden keskinäiset vaikutukset on huomioitu.



KUVIO 6. (Energiansäästölaskentaraaportti 2012)

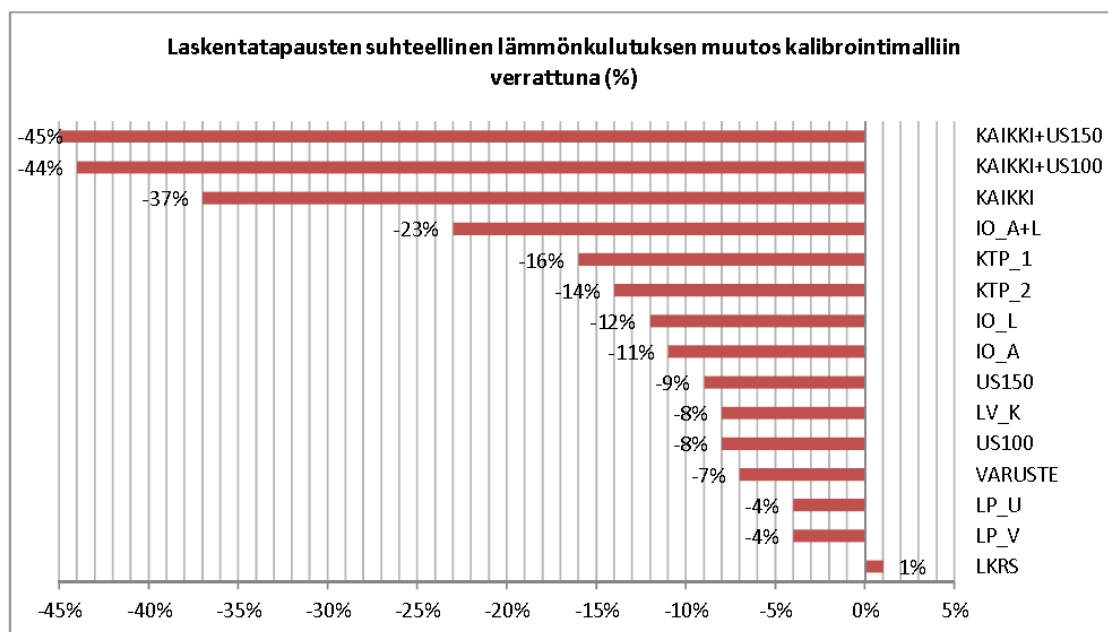
Kuviosta 7 nähdään eri korjaustoimenpiteillä saavutetut energiasäästöt kokonaisenergiankulutuksessa. Suurin lämmönkulutusta pienentävä toimenpide oli ilmanvaihdon huoneistokohtaiset LTO -laitteet. Korjauksen yhteydessä asennettiin huoneistokohtaiset LTO -laitteet asuntoihin ja liiketiloihin. LTO -laitteiden vaikutusta laskettiin vertailun vuoksi kahdella eri tavalla. KTP 1 laskentatapauksessa ilmanvaihtuvuudeksi otettiin

alkuperäinen 0,3 1/h koskien koko rakennusta. Säästö tässä KTP 1 tapauksessa oli 16 % (156 MWh), ja sähkön kulutus nousi toimenpiteen johdosta n. 3 % (2 MWh). Toisessa KTP 2 laskentatapauksessa ilmanvaihtuvuudeksi oletettiin asunnoissa 0,5 1/h ja liike-tilojen ilmanvaihto täydellä teholla päiväsaikana ma - pe klo 7-19 ja la klo 7-17 ja sunnuntaina oletettiin koneen olevan pois päältä. Tällöin lämmityksen kulutus laski hieman vähemmän eli n. 14 % (139 MWh), vastaavasti sähkökulutus nousi n. 13 % (11 MWh). Asunnoissa LTO -laitteiden jälkilämmitys hoidetaan kaukolämmöllä (vesipatterit), liike-tiloissa sähköllä, mikä selittää lisääntyneen sähkökulutuksen erityisesti KTP 2:ssa.

Toiseksi suurin energiakulutusta pienentävä toimenpide oli ikkunoiden ja ovien uusiminen. Liiketiloiden ikkunoiden ja ovien uusimisella saavutettiin 12 % (118 MWh) säästö, mikä on hieman enemmän kuin mitä asuntojen ikkunoiden ja ovien vaihdolla 11 % (111 MWh) saavutettiin. Ikkunoiden ja ovien vaihdoilla saavutettiin yhteensä n. 23 % (230 MWh) säästö. Ikkunoiden ja parvekeovien osuus rakennuksen ulkovaipan pinta-alasta n. 33 %.

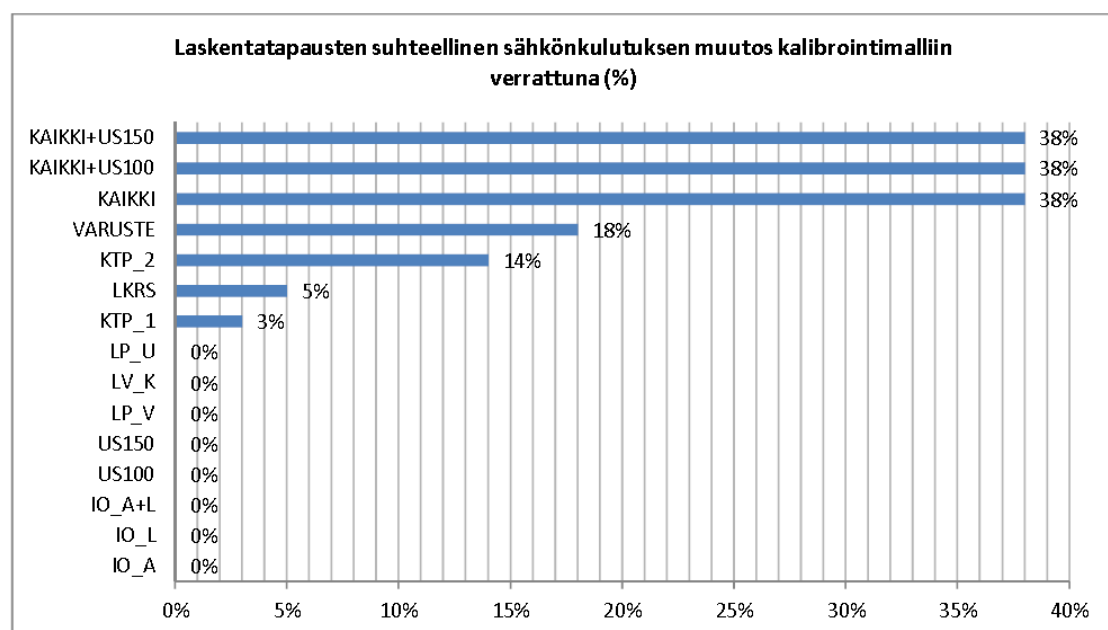
Kolmanneksi eniten säästöä saavutettiin parvekelaseilla. Lasien vaikutusta laskettiin erikseen sekä vanhoille parvekkeille että uusille, yhteensä parvekelaseilla saavutettiin n. 8 % (78 MWh) säästö lämmönkulutuksessa. Varustetason muutoksesta saavutettiin 7 % (70 MWh) säästö lämmönkulutuksessa. Aiemmin asuntojen märkätiloissa oli käyttö-vesipatterit, remontin yhteydessä niihin asennettiin sähkökäyttöiset mukavuuslattialämmitykset mikä osin selittää lämmönkulutuksen laskua, vastaavasti sähkökulutus nousi toimenpiteen vuoksi 18 % (14 MWh).

Laskennassa oli mukana myös seinien lisälämmöneristyksen vaikutus lämmönkulutukseen. Näitä toimenpiteitä ei kohteessa tehty. Laskennallisesti 100 mm lisälämmöneristys pienensi lämmönkulutusta 8 % (82 MWh) ja eristepaksuuden lisäys 150 mm:n toi 9 % (92 MWh) säästön. Rakennukseen rakennettiin myös kokonaan uusi lisäkerros, jonka kerroksen aiheuttama lämmönkulutuksen lisäys on ainoastaan n.1 % (7 MWh) kokonaisenergiakulutukseen, sähkön osalta kulutus nousi n. 4 % (3 MWh). Näin pieni lisäys johtunee ulkovaipan hyvästä lämmöneristyksestä, LTO- laitteista ja energiatehokkaista kodinkoneista, lähtötilanteeseen verrattuna.



KUVIO 7. Hallituskatu 7, energiansäästöt eri laskentatapauksissa. (Energiansäästölas-kentaraportti 2012)

Sähkön osalta tutkittiin tarkemmin vain kiinteistösähkön osuutta. Taulukossa on mukana myös mukana muu kuin kiinteistösähkö, mutta muuta sähköä ei ole kalibroitu lähtötilanteessa kulutustietojen puuttumisen vuoksi. Kuviosta 8 voidaan kuitenkin nähdä selvästi, keittiöiden varustetason paranemisen ja lattialämmityksien lisäyksen sekä LTO -laitteiden tuoma lisäys sähkönkulutukseen. Asuntojen lattialämmitykset ovat kiinteistösähkön piirissä ja liiketilojen LTO -laitteiden jälkilämmitys hoidetaan sähköllä.



KUVIO 8. Sähkön kulutuksen lisäykset eri toimenpiteiden jälkeen (Energiansäästölas-kentaraportti 2012)

5.7 Energiatarkastelu E-luku

Taulukosta 16 näkyy eri korjaustoimenpiteiden jälkeinen energiakulutus sekä kulutuksen mukaisesti laskettu E-luku. E-luku ei ole laskettu RakMK D 3 ohjeiden mukaisesti rakennuksen standardikäytölle. Koska haluttiin selvittää kohteen todelliset energiansäästöt, rakennettiin malli kohteen todellisten olosuhteiden ja käytön mukaisesti. Samoin sääolosuhteet arvioitiin Tampereen sääolojen mukaan. Taulukko toimii kuitenkin suuntaa antavana ja eri vaihtoehtoja voidaan hyvin verrata keskenään.

Mallista laskettu rakennuksen alkuperäisten ominaisuuksien ja ratkaisujen mukainen E-luku rakennukselle on 187 kWh/m². Jos energiatehokkuutta halutaan tarkastella kokonaisenergiankulutusta E-lukua pienentämällä, voidaan tavoiteltava E-luku laskea mallin lähtötilanteesta, $187 \text{ kWh} * 0,85 = 158 \text{ kWh/m}^2$. Kohteessa toteutuneilla korjaustoimenpiteiden jälkeen saatiin E-luvuksi 149 kWh/m². Lisärakentaminen huomioiden voidaan todeta, että toimenpiteillä saavutettiin vaadittu 15 % säästö energian kulutuksessa. Tässä tapauksessa olisi myös mahdollista tarkastella asetuksen vaatimia säästötoimenpiteitä rakennusosa- ja laitekohtaisesti. Sen sijaan asuinkerrostalolta vaadittua 130 kWh/m² ei saavutettu, vaan se olisi vaatinut seinien lisälämmöneristämisen.

TAULUKKO 16. Kokonaisenergian kulutus ja E-luku korjaustoimenpiteiden jälkeen. Laskettu rakennuksen todellinen käytön mukaisesti.

Lyhenne	Toimenpide	Lämmitys MWh	Säästö	Kiint.sähkö + muu sähkö MWh	Kok.energia kulutus MWh	Kok.energian kulutus kWh / m ²	Ostoenergia, energiamuotojen kertoimilla korjattu.	E-luku
	Lähtötilanne	1002		301	1303	201	1 213	187
IO_A	Uudet ovet ja ikkunat asuntoihin	891	111	301	1192	184	1 135	175
IO_L	Uudet ovet ja ikkunat liiketiloihin	884	118	301	1185	183	1 131	174
IO_A+L	Kaikki ikkunat ja ovet uusittu	772	230	301	1073	166	1 052	162
US100	Julkisivun lisäeristys 100 mm	920	82	301	1221	188	1 156	178
US150	Julkisivun lisäeristys 150 mm	910	92	301	1211	187	1 149	177
LP_V	Uudet lasitetut parvekkeet vanhoille paikoille	964	38	301	1265	195	1 187	183
LP_K	Kaikki uudet lasitetut parvekkeet	924	78	301	1225	189	1 159	179
LP_U	Uudet lasitetut lisäparvekkeet	962	40	301	1263	195	1 185	183
LKRS	Lisätty 8.kerros	1009	-7	318	1327	189	1 247	178
KTP 1	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto alkup. Ilmamäärä	846	156	303	1149	177	1 107	171
KTP 2	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto lopullisilla ilmamäärällä	863	139	312	1175	181	1 135	175
VARUSTE	Varustetason muutos	932	70	327	1259	194	1 208	186
KAIKKI	Kaikki vaikutukset yhdessä ilman lisäeristystä	635	367	352	987	141	1 043	149
KAIKKI + U	Kaikki vaikutuksen yhdessä + lisäeristys 100 mm	565	437	352	917	131	994	142
KAIKKI + U	Kaikki vaikutukset yhdessä + lisäeristys 150 mm	556	446	352	908	129	988	141

5.8 Kustannuslaskelmat ja investointilaskelmat

Kun tarkastellaan korjaustoimenpiteiden taloudellista kannattavuutta taulukosta 18, nähdään liiketilojen ikkunoiden ja ovien uusimisen olevan taloudellisesti tarkasteltuna kannattavin toimenpide, toimenpiteen tuoma 118 MWh energiansäästö antoi tuotoksi 4,28%. Sillä saavutettu energiansäästö oli toiseksi suurin LTO-laitteiden jälkeen. Toiseksi kannattavin toimenpide oli parvekelasien asentaminen 78 MWh säästö antoi 4,08 % tuoton. Asuntojen ikkunoiden ja ovien uusimisen tuomalla 111 MWh säästöllä saavutettiin 2,4 % tuotto ja LTO-laitteiden kannattavuus taloudellisessa mielessä oli kaikkein heikoin. Vaikka tuotto oli vain 1,47 % toimenpiteellä saavutettiin kaikkein suurin energiansäästö 139 MWh. Kaikkien toimenpiteiden yhteenlaskettu tuotto on 2,02 %. Kaikki yllä olevat eri toimenpiteiden kannattavuuslaskelmat on laskettu investoinnin kokonaiskustannuksilla, toimenpiteille ei ollut edullisempaa vaihtoehtoa ns. perusratkaisua. Energiataloudellisessa tarkastelussa oikeampi tapa olisi huomioida vain ne kustannukset, jotka aiheutuvat korjaustoimenpiteen energiatehokkuuden parantamisesta.

TAULUKKO 17. Taulukosta näkyy toimenten energian säästöt sekä investoinnin kustannukset. Energian hintana on käytetty 69,32 €/MWh.

		Lämpö, säästö MWh/vuosi	Säästö € / vuosi	Kustannukset
IO_A	Uudet ovet ja ikkunat asuntoihin	111	7695	254082
IO_L	Uudet ovet ja ikkunat liiketiloihin	118	8180	156240
IO_A+L	Kaikki ikkunat ja ovet uusittu	230	15944	410322
US100	Julkisivun lisäeristys 100 mm	82	5684	522440
US100	eristeen kustannus mineraalivilla 100 mm	82	5684	45184
US150	Julkisivun lisäeristys 150 mm	92	6377	529500
US150	eristeen kustannus mineraalivilla 150 mm	92	6377	52244
US 100 --> 150	50 mm eristemäärän lisäkustannus	10	693	7060
LP_V	Uudet lasitetut parvekkeet vanhoille paikoille 36kpl	38	2634	57955
LP_K	Kaikki uudet lasitetut parvekkeet	78	5407	109470
LP_U	Uudet lasitetut lisäparvekkeet 32 kpl	40	2773	51515
LKRS	Lisätty 8.kerros	-7	-485	
KTP 1	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto alkup. Ilmamäärä	156	10814	418000
KTP 2	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto lopullisilla ilmamäärällä	139	9635	418000
VARUSTE	Varustetas on muutos	70	4852	179600
KAIKKI	Kaikki vaikutukset yhdessä ilman lisäeristystä	367	25440	937792
KAIKKI + US 100	Kaikki vaikutuksen yhdessä + lisäeristys 100 mm	437	30293	1460232
KAIKKI + US 101	Kaikki vaikutuksen yhdessä + eriste 100 mm	437	30293	982976
KAIKKI + US 150	Kaikki vaikutukset yhdessä + lisäeristys 150 mm	446	30917	1467292
KAIKKI + US 151	Kaikki vaikutukset yhdessä + eriste 150 mm	446	30917	990036

Taulukko 18. Toteutettujen korjaustoimenpiteiden kannattavuutta kuvaavat tunnusluvut sekä hankkeen kokonaislaskelma.

Projekti kuvaus	VVO / Hallituskausi 7	VVO / Hallituskausi 7	VVO / Hallituskausi 7	VVO / Hallituskausi 7	VVO / Hallituskausi 7
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	254 082	156 240	109 470	418 000	937 792
Pääoman tuotto vaatimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkasteluaika (vuotta)	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Tarkasteluaika	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043	1/2014 - 12/2043
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	159 453	169 509	112 048	199 675	527 200
Jäännösarvon nykyarvo	0	0	0	0	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	159 453	169 509	112 048	199 675	527 200
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	159 453	169 509	112 048	199 675	527 200
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-254 082	-156 240	-109 470	-418 000	-937 792
Investointisubventiot	0	0	0	0	0
Investointiehdotus	-254 082	-156 240	-109 470	-418 000	-937 792
Nettonykyarvo (NPV)	-94 629	13 269	2 578	-218 325	-410 592
NPV kuukausiannuiteettina	-448	63	12	-1 033	-1 943
Sisäinen korkokanta (IRR)	0,79 %	4,63 %	4,18 %	-0,85 %	0,11 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	2,40 %	4,28 %	4,08 %	1,47 %	2,02 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	0,63	1,08	1,02	0,48	0,56
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	-	26,7	29,0	-	-
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	27,0	16,9	17,8	-	29,6
Nettopääoman tuotto (RONA), %	5,44 %	22,43 %	20,15 %	-0,13 %	3,01 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	-3 923	1 902	927	-10 237	-18 182
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	-91 700	15 070	3 840	-213 506	-399 781
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	Asuntojen ikkunat ja ovet	Liiketilöiden ikkunat ja ovet	Parvekelasit	LTO, lopullisilla ilmamäärillä.	Ed. yhteensä

Kun tarkastelujaksoksi otetaan 50 vuotta, paranee hankkeiden kannattavuus järjestyksen pysyessä kuitenkin samana. Laskelmassa on huomioitu ikkunoiden ja ovien, parvekelasien ja LTO -laitteiden vaatimat ylläpitokorjaukset, joilla elinkaarta saadaan jatkettua 50 vuoteen.

Taulukko 19. 50 vuoden tarkastelujakso

Projektikuvaus	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	269 082	161 240	150 270	610 000	1 190 592
Pääoman tuottovaatimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkasteluaika (vuotta)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Tarkasteluaika	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	216 606	230 265	152 209	271 245	716 164
Jäännösarvon nykyarvo	1 266	436	2 233	4 503	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	217 872	230 702	154 442	275 748	716 164
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	217 872	230 702	154 442	275 748	716 164
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-258 529	-157 665	-121 003	-487 252	-1 190 592
Investointisubventiot	0	0	0	0	0
Investointiehdotus	-258 529	-157 665	-121 003	-487 252	-1 190 592
Nettonykyarvo (NPV)	-40 657	73 036	33 439	-211 505	-474 428
NPV kuukausiannuiteettina	-155	278	127	-806	-1 807
Sisäinen korkokanta (IRR)	3,15 %	6,16 %	5,49 %	0,94 %	1,71 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	3,64 %	4,80 %	4,53 %	2,81 %	2,95 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	0,84	1,46	1,28	0,57	0,60
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	-	26,7	30,9	-	-
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	27,0	16,9	17,8	44,8	35,7
Nettopääoman tuotto (RONA), %	10,60 %	28,09 %	24,48 %	5,11 %	11,69 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	870	5 707	3 579	-4 540	-10 133
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	-38 537	74 358	34 574	-207 321	-464 197
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	Asuntojen ikkunat ja ovet. 50v tarkastelu / poistot, elinkaaren aikana 30v kohdalla 15.000,- huolto.	Liiketiltojen ikkunat ja ovet. 50v tarkastelu / poistot, elinkaaren aikana 30v kohdalla 5.000,- huolto.	Parvekelasit 50v tarkastelu / poistot, elinkaaren aikana 25v kohdalla 13.600,- huolto ja 35v kohdalla 27.200,- huolto.	LTO 50v tarkastelu / 30v poistot, elinkaaren aikana 25v kohdalla uusitaan koneet 192.000,-.	Ed. yhteensä.

Hallituskatu 7:n julkisivuille ei tehty korjaustoimenpiteitä joten seinän lisälämmöneristyksen kustannukset on arvioitu. Taulukon 20 laskelmat on vertailun vuoksi laskettu toimenpiteen kokonaiskustannuksilla sekä pelkästään eristeen kustannuksilla. Jos julkisivun lisäeristys tehtäisiin pelkästään energiansäästön vuoksi, jäisi sen tuotto negatiiviseksi kokonaiskustannuksilla laskien. Pelkästään eristeen hinta huomioiden, 100 mm eristemäärällä laskelma antaa sisäiseksi korkokannaksi 6,66 % ja 150 mm eristemäärällä 6,60 %. Eristemäärän lisäys 100 mm → 150 mm tuo 10 MWh energiasäästön ja 6,14 % tuoton. Julkisivun korjaustöiden yhteydessä seinien lisäeristäminen on siis kannattavaa, kun huomioidaan vain eristeen materiaali- ja asennuskustannukset.

TAULUKKO 20. Vertailu eri seinäeristemäärillä

Projekti kuvaus	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7	VVO / Hallituskatu 7
Kokonaisinvestointi, nimellisarvo	522 440	45 184	529 500	52 244	7 060
Pääoman tuottoaattimus	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%
Tarkastelu aika (vuotta)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Tarkastelu aika	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063	1/2014 - 12/2063
Laskenta-ajankohta	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Tarkastelujakson pituus (kk)	12	12	12	12	12
Operatiivisen kassavirran nykyarvo	160 015	160 015	179 529	179 529	19 514
Jäännösarvon nykyarvo	0	0	0	0	0
Liiketoiminnan kassavirtojen nykyarvo	160 015	160 015	179 529	179 529	19 514
Reinvestointien (ylläpito yms.) nykyarvo	0	0	0	0	0
Nykyarvo yhteensä (PV)	160 015	160 015	179 529	179 529	19 514
Ehdotetut investoinnit, hyödykkeet	-522 440	-45 184	-529 500	-52 244	-7 060
Investointisubventiot	0	0	0	0	0
Investointiehdotus	-522 440	-45 184	-529 500	-52 244	-7 060
Nettonykyarvo (NPV)	-362 425	114 831	-349 971	127 285	12 454
NPV kuukausiannuiteettina	-1 381	437	-1 333	485	47
Sisäinen korkokanta (IRR)	-0,75 %	14,04 %	-0,41 %	13,66 %	11,22 %
Modifioitu sisäinen korkokanta (MIRR)	1,57 %	6,66 %	1,77 %	6,60 %	6,14 %
Suhteellinen nykyarvo (PI)	0,31	3,54	0,34	3,44	2,76
Takaisinmaksuaika (Payback), vuosia	-	9,1	-	9,4	12,1
Laskenta-ajankohta, Payback	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014	1/2014
Yksinkertainen Payback, vuosia	-	7,6	-	7,8	9,5
Nettopääoman tuotto (RONA), %	-5,70 %	47,40 %	-5,16 %	45,67 %	34,64 %
Taloudellinen lisäarvo (EVA)	-8 341	6 931	-7 546	7 726	796
Diskontattu taloudellinen lisäarvo (DCVA)	-356 402	115 352	-343 867	127 887	12 535
Laskelman on tehnyt	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen	Lauri Parkkinen
Päivämäärä	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014	29.3.2014
Kommentti	Kok. kustannukset 100 mm eriste, säästö 5684 €/vuosi, 82 MWh	100 mm eriste, säästö 5684 €/vuosi, 82 MWh	Kok. kustannukset 150 mm eriste, säästö 6377 €/vuosi, 92 MWh	150 mm eriste, säästö 6377 €/vuosi, 92 MWh	Eristeen lisäys 100 -> 150 mm, säästö 693 €/vuosi, 10 MWh

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Yhteenveto ja johtopäätökset

Kun suoritetaan energia- ja investointilaskentaa, tulee hankkeen lähtötiedot selvittää mahdollisimman tarkasti. On myös päätettävä muuttujien arvot joilla laskenta suoritetaan. Näitä muuttujia ovat eri korjaustoimenpiteiden rakennuskustannukset, toimenpiteiden aiheuttamat muutokset ylläpitokustannuksiin, taloudellinen pitoaika, laskentakorkokanta joka toimii samalla tuottovaatimuksena sekä energian hinta ja hinnan kehitys.

Hankkeen toimenpiteiden vertailussa rakennuskustannuksilla on suuri merkitys toimenpiteen kannattavuuteen. Energiakorjaustoimenpiteiden kustannukset on syytä arvioida huolella, jotta kustannusarviot vastaisivat mahdollisimman tarkasti todellisuutta. Näin korjaustoimenpiteiden keskinäinen vertailu, sekä eri kohteiden vertailu voidaan suorittaa luottavasti. Rakennuskustannuksia arvioidessa tulee myös miettiä mitkä kustannukset toimenpiteestä otetaan mukaan energiataloudelliseen laskentaan. Korjaustoimenpiteitä ei voida useinkaan perustella pelkästään energiataloudellisilla syillä. Jos investointilaskenta suoritetaan vain toimenpiteen kokonaiskustannukset huomioiden, niin laskennan tulokset näyttävät usein kannattomilta. Energiataloudellisten laskelmien lähtötiedoiksi tuleekin ottaa korjaustoimenpiteen energiatehokkuutta parantavat kustannukset ja suorittaa vertailu eri korjaustoimenpiteiden välillä näillä kustannuksilla laskettuna. Yksittäisen toimenpiteen energiataloudellista optimointia suoritettaessa, tulee eri vaihtoehtoja verrata aina energiatehokkuudeltaan heikompaan korjaustasoon niin kustannuksien kuin energiansäästön osalta, kuten on tässä työssä seinän lisäeristämisen kohdalla esitetty. Jos korjaustoimenpiteelle ei ole pakollista perusratkaisua, tai jos jostain syystä halutaan tarkastella toimenpidettä vain energiataloudellisten perusteiden, niin vertailu joudutaan tekemään lähtötilanteeseen vertaamalla, tässä tapauksessa tulee kaikki vertailut tehdä kokonaiskustannuksilla. Invest for Excel laskentaohjelmalla on helppo ja nopea testata hankkeen kannattavuutta useilla eri muuttujilla.

Korjaustyön perusratkaisulla tarkoitetaan sitä korjaustoimenpidettä, joka joudutaan joka tapauksessa tekemään, jotta rakennus tai sen osa pysyy käyttökunnossa. Esimerkiksi ikkunoiden perusratkaisu voisi olla niiden kunnostus / huoltomaalaus, jota verrataan ikkunoiden uusimiseen. Tässä tapauksessa energiataloudelliseen tarkasteluun tulee ottaa

uusinvestoinnin ja huollon kustannusten erotus. Ikkunoiden osalta tulee vielä tarkastella erikseen paremman U-arvon omaavia ikkunoita aina edelliseen huonompaan tasoon verrattuna ja näin etsiä energiataloudellisesti kannattavin vaihtoehto.

Peruskorjaushankkeiden kannattavuus koostuu useista eri tekijöistä, joihin liittyy aina epävarmuustekijöitä. Laskennassa tulee hankkeen kannattavuutta tarkastella monella eri muuttujalla, etenkin niiden muuttujien osalta, joiden ennustaminen lähtötilanteessa on epävarmaa. Esimerkiksi energian hinnan kehitystä on vaikea ennustaa. Oletettavaa on, että hinta nousee vuosittain, mutta kuinka paljon ja jatkuuko hinnan kehitys loputtomiin, on vaikeaa ennustaa. Inflaation vaikutus tulee myös huomioida, näissä laskelmissa on laskelmat laskettu reaalieuroissa.

Laskenta-ajanjakso ja taloudellinen pitoaika vaikuttavat myös merkittävästi toimenpiteen kannattavuuteen. VVO:lla laskenta suoritetaan 30 vuoden tarkastelujaksolla kaikille toimenpiteille, samoin investointi poistetaan tasapoistoin laskenta-ajalla. Ikkunoiden ja ovien sekä seinäeristeiden elinkaareksi on arvioitu 50 vuotta. Tästä syystä laskenta suoritettiin vertailun vuoksi myös 50 vuoden tarkastelujaksolle, eli toimenpiteen arvioitulle elinkaaren ajalle. Ikkunoiden ja ovien, LTO-laitteiden ja parvekelasien elinkaarta jatkettiin tarvittavilla kunnostustoimenpiteillä, joiden kustannukset on huomioitu laskennassa. Laskentajakson ollessa 50 vuotta ei toimenpiteiden järjestys muuttunut kummassakaan kohteessa, mutta kaikkien toimenpiteiden kannattavuus parani 30 vuoden tarkasteluun verrattuna. Samalla nähdään toimenpiteiden koko elinkaaren aikainen tuotto. LTO-laitteiden osalta laskennan hankintakustannuksina käytettiin hankkeen kokonaishintaa, koska toista vaihtoehtoa ei ollut selvitetty. LTO-laitteiden osalta niin sanottu perusinvestointi olisi voinut olla vanhojen poistopuhaltimien uusiminen ja tiili-hormien kunnostus, jolloin näiden toimenpiteiden kustannukset olisivat pienentäneet LTO-järjestelmän hankintakustannuksia ja parantaneet siten toimenpiteen kannattavuutta. Toinen huomioitava seikka on, korjaustoimenpiteeseen sisältyvät elinkaareltaan eri pituiset laitteet ja rakenteet. Ilmanvaihtokoneiden elinkaari on n. 25 vuotta, kun taas IV-hormien, sähköistyksen ja vesijohtojen, jotka jouduttiin myös rakentamaan tätä järjestelmään varten, elinkaari on 50 vuotta. Tästä johtuen 50 vuoden tarkastelussa LTO-järjestelmän kannattavuus paranee verrattuna 30 tarkasteluaikaan.

Korjaustoimenpiteiden jäännösarvoksi on oletettu nolla. Tämä on perusteltua sillä taloudellisen käyttöiän päätyttyä rakennus joko puretaan tai sen käyttöikää jatketaan uudella perusparannuksella jolloin todennäköisesti vanhat laitteet ja rakennelmat uusitaan. Parvekelasien tuoma energiansäästö sekä taloudellinen kannattavuus yllätti, molemmissa kohteissa niiden taloudellinen kannattavuus oli toiseksi paras. Parvekelaseilla saavutettavaan energiansäästöön vaikuttavat (Kimmo Hilliaho 2010, parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset) mm. parvekkeiden tuloilmaratkaisut, parvekkeiden suuntautuminen, parveketyyppi sekä rakennuksen sijaintipaikkakunta. Kolikkotiellä parvekkeet olivat etelään ja ovat tyypiltään ulkonevia. Parvekkeet ovat huoneistojen levyisiä, ja näin ollen parvekelasit kattoivat koko etelän puoleisen seinän asuinkerroksien osalta. Kohteena tämän tyyppinen rakennus on lähes ihanteellinen parvekelasien energiansäästökohteeksi. Hallituskadulla parvekkeet ovat myös etelään. Osaan huoneistoja tulee tuloilman sisäänotto parvekkeiden kautta, mikä osaltaan parantaa parvekelaseilla saavutettavaa energiansäästöä. Huomioitava on kuitenkin, että jos parannetaan parvekeseinien lämmöneristävyyttä, niin parvekelaseilla saavutettava hyöty pienenee. Edellä mainituista syystä, olisi suositeltavaa suorittaa energiansäästölaskenta mahdollisimman tarkasti, esimerkiksi tässä työssä käytetyillä laskentatyökaluilla. Sen jälkeen, kannattavuus laskennasta saatujen tulosten perusteella, valitaan optimaalinen korjausratkaisu energiataloudellisesta näkökulmasta katsottuna.

Tässä työssä tarkasteltiin kahden kohteen korjaustoimenpiteitä ja päätelmät on tehty näiden laskelmien pohjalta. Ikkunoiden ja ovien sekä LTO- laitteiden kannattavuus laskelmat on tehty investoinnin kokonaiskustannuksilla. Laskentatyökalut IDA ICE ja Invest for Excel ovat varsin luotettavia työkaluja käytettäväksi energiataloudellisia laskelmia tehtäessä. Näillä laskentatyökaluilla tulisi tutkia ainakin 2-3 vastaavanlaista kohdetta lisää, joita sitten voidaan verrata keskenään. Näin saataisiin vahvistusta siitä miten nämä työkalut huomioivat kohteiden erilaisuuden. Ikkunoiden ja ovien osalta olisi tarpeen tutkia kolmilasisten ikkunoiden huoltokorjauskustannuksia verrattuna ikkunoiden uusimiseen. LTO- laitteiden osalta tulisi mukaan laskentaan saada kohde, jossa IV-kanavat sekä poistopuhaltimet ovat korjauksen tai uusimisen tarpeessa, esim. muuratut hormit. Lämmönsäätötyöt olivat tätä työtä tehdessä molemmissa kohteissa vielä tekevä. Säättöiden ja energiakulutusten seurannan avulla tulisi kulutustasot saada vähintään simuloinneista saatuihin tavoitekulutustasoihin.

Energian säästöön liittyvät korjaukset eivät useinkaan ole kustannustehokkaita erikseen toteutettuna. Energian säästövaikutukset tuleekin ottaa tarkasteluun kun kiinteistöä joudutaan korjaamaan muusta syystä. Tässä työssä mukana olleiden kahden kohteen osalta voidaan selvästi havaita, että pelkkä energiasäästön tarkastelu ei riitä, kun pyritään kohdistamaan käytettävät taloudelliset resurssit mahdollisimman tehokkaasti. Energiansäästölaskennan lisäksi tarvitaan myös taloudellinen tarkastelu. Molemmissa kohteissa eniten energiasäästöä tuoneet korjaustoimenpiteet eivät kuitenkaan olleet taloudellisesti tarkasteltuna kaikkein kannattavimpia. Samoin eri korjaustoimenpiteiden keskinäiset vaikutukset tulevat huomioiduksi. Osa energiataloutta parantavista korjauksista on tehtävissä erillisenä toimenpiteenä ilman rakennuksen muuta korjausta. Tällaisia toimenpiteitä ovat LVI- järjestelmien ja laitteiden parantaminen kuten esim. uusien energiatehokkaampien poistopuhaltimien asentaminen, poistoilman lämmön talteenotto, säätölaitteiden nykyaikaistaminen, vettä säästävien kalusteiden asentaminen sekä kiinteistön suunnitelmallinen ja valvottu huolto.

Näissä kahdessa kohteessa IDA ICE:llä sekä Invest for Excel -laskentaohjelmilla tehdyillä laskelmilla voidaan energiatehokkuustarkasteluja suorittaa luotettavasti ja etsiä kaikkein energiataloudellisimmat korjausvaihtoehdot perusparannushankkeessa. Lisäksi voidaan suorittaa myös E-lukuun perustuva tarkastelu, sekä valita kannattavin vaihtoehto korjausrakentamisen energiatehokkuus määräysten asettamista tarkasteluvaihtoehdoista. Tarkastelu on kannattavaa erityisesti vanhemmissa, ennen vuotta 1980 rakennetuissa taloissa. Energiatarkastelut olisi syytä tehdä hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin siitä saatuja tuloksia voidaan hyödyntää korjaussuunnittelussa.

LÄHTEET

Ympäristöministeriön asetus 27.2.2013, rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä

Energiansäästö-laskentarataportti 2013, Eerik Mäkitalo, Kimmo Hilliaho, Jukka Merviö

Ympäristöministeriö D 5 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2012, rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehon laskenta

Betonirakenteiden korjausohjeet, Suomen betoniyhdistys 1996

Betonijulkisivun kuntotutkimus, Suomen betoniyhdistys 2002

VVO 2013, Vuokratalojen korjausohje.

Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Diplomityö. Rakennetun ympäristön tiedekunta, Kimmo Hilliaho

Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011. 2013. Tutkimusraportti 26.2.2013. Työ ja elinkeinoministeriö

VVO 2012, vuosikertomus

Ylläpito- ja investointikorjaukset luentomateriaali 2013, Marita Laakso

LIITTEET

Liite 1. Ohje IDA ICE energiasimulointimallin tekemiseen

Energialaskentaa varten kohteen rakennuksesta tarvitaan 3D malli. Mallin voi tehdä arkkitehti esimerkiksi Archicat ohjelmalla, josta se voidaan siirtää IDA ICE ohjelmaa IFC muodossa. IDA ICE voi hyödyntää IFC muotoon tallennettua mallia joko sellaisenaan ja tarvittaessa IDA ICE ohjelmalla voidaan tehdä laskentaa varten tarvittavat korjaukset tai lisäykset malliin. Tärkeää mallissa on vaipan rakenteiden paikkansapitävyys jotta oikeat U-arvot saadaan vaipan eri osille. Mikäli 3D malli tehdään etukäteen nopeuttaa se mallin luomista IDA ICE ohjelmalla merkittävästi pienentäen laskennan kustannuksia. Mikäli piirustusten joudutaan muuttamaan sähköiseen muotoon kannattaa ne teettää 3D muotoon, koska niistä voidaan tarvittaessa ottaa myös dwg-versiot. Seuraavassa huomioitavia ja selvitettäviä asioita joita tulee selvittää kun energialaskentaa energiasimulointiohjelmalla halutaan suorittaa.

1. Arkkitehtipiirustukset, asemakuva, varmistetaan että ne pitävät paikkaansa kohteen todellisten tilojen kanssa.

2. Piirretään / mallinnetaan kohde 3D muotoon esim. Archicat – ohjelmalla. Vaipan osalta tarkasti, koska tiedot ovat oleellisin osa energiasimulointilaskennassa. Sisäpuolen tiloja voi mallintaa tarvittavasti esim. jokaisen huoneistotyyppin tai piirtää 2D ”viivalla” ja mallintaa myöhemmin tarvittavilta osin. Kustannuksiltaan ei vanhojen piirustusten piirittäminen 3D muotoon tule juurikaan kalliimmiksi kuin 2D muotoon piirrettynä. Energiasimuloinnissa voidaan hyödyntää IFC- muotoon tallennettua mallia. Malli voidaan tehdä myös itse IDA ICE laskentaohjelmalla jos ei valmista mallia ole. Peruslammelli talon mallin tekemiseen menee kuitenkin vähintään 2-3 työpäivää, mikä nostaa laskennan hintaa.

3. Rakennepiirustukset, tyypikuvat. Selvitetään vaipan (julkisivut, yläpohja, alapohja, ovet, ikkunat) muiden rakenneosien todelliset rakenteet. Kuntotutkimuksesta löytyy osa tiedoista joita tulee verrata piirustuksiin. Tarvittaessa suoritetaan rakenteiden avauksia ja mittauksia kohteessa. Vaipan joka osan rakenteiden materiaalit ja paksuudet (U-arvo) tulee saada selvitettyä.

4. LVISA- piirustukset ja työselostukset. Varmistetaan kohteen teknisistä asiakirjoista, että toteutus ja suunnitelmat pitävät paikkaansa. LVIS- kuntotutkimuksista sekä Talokeskus Oy:n energiakatselmuksista saa helposti tarkkaa tietoa kiinteistön teknisistä

laitteista (kiukaat, poistopuhaltimet, pumput, kylmäkellarit yms.), niiden tehoista, käyttöajoista jne. Mikäli tietoja puuttuu voi käyttää energialaskennassa käytettäviä standardiarvoja. (RakMK D 3)

5. Kiinteistösähkön käyttö. Saunan käyttöajat, autopaikat määrät ja niiden lämmitysaajat, kuivaushuoneen ja pesulan käyttö, IV- puhaltimet: käyttöajat, pakkasrajat jne. Energiakatselmus toimii hyvänä apuna.

6. Huoneistosähkön kulutus. Asukkaiden ikäjakauma, perhetyypit sekä asuntojen varusteet. Rakennuksen taloussähkön suuruusluokka voidaan arvioida myös arvioida Kotitalouksien sähkökäyttö 2011 tutkimuksen esimerkkitalouksien mukaan.

Mallin luomisen jälkeen ohjelmaan syötetään kohteen rakenteiden, teknisten järjestelmien ja niiden käyttö, asukasmäärät ja sähkölaitteiden käytöt yms. laskennan suorittamista varten. Ohjelman laskenta on sitä todenmukaisempaa mitä tarkemmin on lähtötiedot syötetty ohjelmaan. Aivan 1/1 laskentatulosta on vaikea saavuttaa, mutta 5 – 10 % laskentatarkkuuteen päästään helposti ilman ainetta rikkovia tutkimusmenetelmiä ja kohtuuttoman pitkiä esiselvitystöitä, VVO:n tarkkojen kulutusseurantojen ja dokumentoitujen huoltotoimenpiteiden ja tutkimusten ansioista. Ongelmia tulee kohteissa joissa ei ole lähtötietoja dokumentoituna saatavilla.